



Vera Lúcia Silva Mota

Licenciatura em Engenharia do Ambiente e Biológica

Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros

Caso de Estudo: Estalagem Casa João Chagas - Constância

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Energia e Bioenergia

Orientador: Prof. Doutor Daniel Aelenei, FCT/UNL

Co-orientador: Doutor Armando Pinto, LNEC

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Benilde Simões Mendes, FCT/UNL

Vogais: Mestre Álvaro Ferreira Ramalho, LNEG

Prof. Doutor Daniel Aelenei, FCT/UNL



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Novembro, 2014

Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros

Caso de Estudo: Estalagem Casa João Chagas - Constância

Copyright © 2014 - Vera Lúcia Silva Mota e Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Um agradecimento especial ao Professor Doutor Daniel Aelenei por ter aceitado orientar este trabalho e ao Doutor Armando Pinto do LNEC por ter co-orientado o trabalho desenvolvido.

Ao Senhor João Rosa por ter permitido que fosse feita uma análise do seu estabelecimento e por ter fornecido todos os dados necessários à realização deste trabalho.

Agradeço também aos meus pais, a todos os meus amigos, por terem apoiado e colaborado na elaboração deste trabalho. Agradeço também todo o apoio e incentivo que me deram ao longo dos últimos meses.

Resumo

O turismo è um dos setores com maior consumo energético a nível mundial, pois è o conforto que os hotéis fornecem aos seus clientes que lhes permite um desenvolvimento económico favorável, contribuindo assim para o desenvolvimento económico dos países.

Este trabalho tem como objetivos contribuir para o estado do conhecimento no que respeita ao consumo energético do setor do turismo. Para isso foi realizada uma análise das necessidades de energia útil para aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes sanitárias, de uma estalagem do concelho de Constância, confrontando com os valores de consumo de eletricidade mensais verificados no ano de 2013, assim como valores obtidos em outros estudos realizados no sector do turismo. A finalidade desta análise de consumos e necessidades è aferir a eficiência energética da estalagem comparativamente com outros estabelecimentos da mesma categoria.

Os resultados revelaram que o edifício apresenta um consumo eficiente de energia, nomeadamente no que respeita à energia para climatização e produção de águas quentes sanitárias (AQS). Contudo a energia despendida com iluminação e utilização de outros equipamentos elétricos è elevada em comparação com outros edifícios da mesma categoria.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Edifícios; Sector do Turismo; Aquecimento; Aquecimento; Arrefecimento;AQS; Consumo Energético.

Abstract

Tourism is one of the economic sectors with the highest energy consumption worldwide, the comfort they provide to their customers allowing them to have a favourable economic development, contributing to country's economic development.

This work's objective is to contribute to the state of knowledge in regard to the energy consumption of the tourism sector. To this aim an analysis of the energy demand for heating, cooling and hot water production of a Hotel in Constância was performed using for comparison the values of the electricity consumption recorded during 2013. The purpose of this analysis is to assess needs and consumption energy efficiency, compared to other establishments of the same category.

The results shows a very efficient energy consumption particularly in the case of air conditioning and hot water production. However, the energy use for lighting and other electrical equipment is high compared to other buildings of the same category.

Keywords: Efficiency; Buildings; Tourism; DHW; Heating; Cooling; Energy Consumption.

Abreviaturas

ADENE – Agência para a Energia;

AQS – Águas Quentes Sanitárias;

COP – Coefficient of Performance;

D.R. – Diário da República;

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia;

EER – Energy efficient ratio;

FF – Fator de forma;

GD – Gaus-Dias;

GEE – Gases com Efeito de Estufa;

GPL – Gases de Petróleo Liquefeitos;

LED – Light-emitting Diode;

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia;

NE – Nordeste;

NO – Noroeste;

PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética;

REH – Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação;

RELACS – Renewable Energy for Tourist Accommodation Buildings;

SE – Sudeste;

SO – Sudoeste;

Conteúdo

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	ENQUADRAMENTO	1
1.2.	OBJETIVO E METODOLOGIA	2
2.	ESTADO DO CONHECIMENTO.....	3
2.1.	CONCEITO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SECTOR DO TURISMO.....	3
2.2.	CONSUMO ENERGÉTICO DE HOTÉIS EUROPEUS	4
2.3.	FATORES QUE INFLUENCIAM O CONSUMO DE ENERGIA	9
2.3.1.	Características Exteriores	10
2.3.2.	Características da Construção.....	12
2.3.3.	Ventilação.....	15
2.3.4.	Aquecimento e Arrefecimento.....	16
2.3.5.	Produção de águas quentes sanitárias	18
2.3.6.	Iluminação	19
2.3.7.	Equipamentos da Zona de Serviços	19
2.3.8.	Utilização de Energias Renováveis	20
2.4.	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	23
3.	APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO	27
3.1.	CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES EXTERIORES	29
3.2.	CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA	29
3.3.	CARACTERÍSTICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS	30
3.4.	CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES INTERIORES.....	31
3.5.	CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO.....	31
3.6.	CARACTERÍSTICAS DA VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO.....	32
3.7.	CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS	34
3.8.	CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS DA COZINHA	34
3.9.	CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS DA LAVANDARIA	34
3.10.	ILUMINAÇÃO	35
3.11.	OUTROS EQUIPAMENTOS.....	35
4.	ANÁLISE DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS.....	37
4.1.	CÁLCULO DO PARÂMETRO GRAUS-DIA (GD).....	37
4.2.	CÁLCULO DA TAXA DE OCUPAÇÃO	38

4.3.	CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA ÚTIL E FINAL PARA PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (QA)	40
4.4.	CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N _{ic})...	41
4.4.1.	Transferência de calor por transmissão através da envolvente (Q _{tr})	42
4.4.2.	Perdas de calor pela renovação do ar (Q _{ve})	47
4.4.3.	Ganhos térmicos úteis (Q _{gu}).....	49
4.5.	CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA FINAL PARA AQUECIMENTO (N _f) ..	55
4.6.	CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO(N _{vc})	56
4.6.1.	Transferência de calor por transmissão (Q _{tr}).....	57
4.6.2.	Transferência de calor por renovação do ar (Q _{ve})	58
4.6.3.	Ganhos térmicos brutos (Q _g)	59
4.7.	CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA FINAL PARA ARREFECIMENTO (N _f)	68
5.	ANÁLISE DOS CONSUMOS.....	71
5.1.	ANÁLISE DO CONSUMO DE ELETRICIDADE.....	71
5.2.	ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA.....	75
5.3.	ANÁLISE DO CONSUMO NOMINAL	77
5.3.1.	Consumo Nominal associado à Eletricidade Efetiva	77
5.3.2.	Consumo Nominal Associado às Necessidades de Energia para Produção de Águas Quentes Sanitárias	78
5.3.3.	Consumo Nominal Associado às Necessidades de Energia para Climatização.....	79
5.3.4.	Consumo Nominal Associado às Necessidades de Energia para Utilização de outros Equipamentos	80
5.4.	ANÁLISE DAS NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA (N _{TC}).....	81
6.	CONCLUSÕES	85
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
	ANEXOS.....	91

Lista de Figuras

Figura 2.1. Consumo energético em hotéis gregos. Adaptado de: (Hotel Energy Solutins, 2011) ..	4
Figura 2.2. Consumo total de energia nas áreas de alojamento, restauração e agências de viagem e operadores, no ano de 2010 (Gj/%) (Turismo Portugal, 2011).....	5
Figura 2.3. Consumo de eletricidade no alojamento comparativamente com o consumo de gás em 2010 (Gj/%) (Turismo de Portugal, 2011).....	5
Figura2.4. Emissões decorrentes do consumo de eletricidade (ton/ CO ₂ eq) (Turismo Portugal, 2011).....	6
Figura 2.5. Desagregação dos consumos energéticos por utilização final (DGEG,2002).....	7
Figura 2.6. Consumos fontes de energia do sector hoteleiro das regiões do Continente, Regiões Autónomas dos Açores e Madeira, de 4 e 5 estrelas (DGEG,2002).....	7
Figura 2.7. Consumos de eletricidade, GPL e gasóleo das unidades hoteleiras da região do Algarve (%) (DGEG,2002).....	9
Figura 2.8. Ilustração da aplicação de isolamento pelo exterior, na caixa de ar e pelo interior	13
Figura 3.1. Fachada principal do Edifício A	27
Figura 3.2. Planta do piso 0 do Edifício A	28
Figura 3.3. Planta do piso 1 do Edifício A	28
Figura 3.4. Planta do piso 2 do Edifício A	28
Figura 3.5.Planta do piso 3 do Edifício A	28
Figura 3.6. Cobertura do Edifício A.....	30
Figura 3.7. Caixilharia do Edifício A	30
Figura 3.8. Ar condicionado de um quarto	32
Figura 3.9. Termoacumulador instalado para produção de AQS	34
Figura 3.13. Televisão instalada nos quartos.....	35
Figura 3.14. Televisão instalada na zona de refeitório	35
Figura 5.1. Perfil de consumo de eletricidade do edifício em estudo no ano de 2013	72
Figura 5.2. Relação entre o consumo de eletricidade verificado e as necessidades de energia final estimadas ($N_f + Q_a$).....	73
Figura 5.3. Relação entre a energia necessária para climatização (N_f), a energia necessária para aquecimento de água (Q_a) e a energia que será utilizada para iluminação e outros equipamentos elétricos (E_{outros}).....	74
Figura 5.4. Percentagens de utilização de energia no estabelecimento em estudo.....	75
Figura 5.5. Relação entre o número de dormidas e o consumo de água.....	76
Figura 5.6. Relação entre as necessidades de energia por dormida ($E_{DORMIDA}$) e a taxa de ocupação	81

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Fator de Forma para vários tipos de moradias. Adaptado de: (Isolani et all, 2008)	11
Tabela 2.2. Tipos de Isolamentos e respetiva condutibilidade Térmica (W/m.°C) (ESTT,2013) .	13
Tabela 2.3. Valores mínimos e recomendados de renovação do ar num hotel, para um número máximo de ocupantes por 100 m ² (m ³ /(h.ocupante)). Adaptado de: (Lamrão,2002)	16
Tabela 3.1. Distribuição da área da envolvente, pelas variadas divisões, do Edifício A.....	29
Tabela 3.2. Dimensão dos vãos envidraçados (m ²) e distribuição dos vãos pelas divisões do edifício	31
Tabela 3.3. Área total de pavimento útil (m ²) e distribuição pelas divisões do edifício	32
Tabela 3.4 Volumes das divisões nas quais são utilizados equipamentos de climatização	33
Tabela 4.1. Valores do número de Graus-dia calculados para os meses de aquecimento	38
Tabela 4.2. Número médio de dormidas estimado com base nos consumos de água	39
Tabela 4.3. Necessidades de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias (Qa)	41
Tabela 4.4. Coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo às paredes exteriores	43
Tabela 4.5. Valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) correspondente às coberturas exteriores.....	44
Tabela 4.6. Valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) correspondente aos vãos envidraçados	45
Tabela 4.7. Valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo às pontes térmicas lineares.....	45
Tabela 4.8. Coeficiente de transferência de calor relativo à envolvente exterior (Hext)	45
Tabela 4.9. Coeficiente de transferência de calor pela envolvente interior (Hint) em contacto com edifício adjacente	46
Tabela 4.10. Coeficiente transferência de calor (Hecs) de elementos em contacto com o solo	47
Tabela 4.11. Transferências de calor mensais por transmissão através da envolvente interior (Qtr), na estação de aquecimento.....	47
Tabela 4.12. Perdas de calor pela renovação do ar interior (Qve) na estação de aquecimento	49
Tabela 4.13. Ganhos térmicos mensais na estação de aquecimento associados a fontes de calor internas (Qint).....	50
Tabela 4.14. Valores utilizados no cálculo da área efetiva coletora de radiação a sul (Ae).....	52
Tabela 4.15. Ganhos solares brutos (Qsol) para cada mês da estação de aquecimento.....	53
Tabela 4.16. Ganhos térmicos brutos (Qg) durante os meses da estação de aquecimento	53
Tabela 4.17. Valores utilizados no cálculo do fator γ e do fator de utilização dos ganhos térmicos η_i	54
Tabela 4.18. Ganhos úteis na estação de aquecimento (Qgu)	54

Tabela 4.19. Necessidades mensais de energia útil para aquecimento (N_{ic})	55
Tabela 4.20. Energia de climatização necessária ajustada à taxa de ocupação verificada no ano de 2013.....	56
Tabela 4.21. Temperatura média exterior nos meses de verão, na zona climática de Constância, no ano de 2013. Valores da transferência de calor (Q_{tr}) correspondente aos meses de arrefecimento.....	58
Tabela 4.22. Valores da Transferência de calor por renovação do ar (Q_{ve}) para os meses de arrefecimento.....	59
Tabela 4.23. Ganhos internos brutos (Q_{int}) para cada mês da estação de arrefecimento	60
Tabela 4.24. Área efetiva coletora de radiação solar (A_{sv}) dos vãos envidraçados	62
Tabela 4.25. Ganhos solares brutos (Q_{sol}) devidos aos vãos envidraçados existentes no edifício	63
Tabela 4.26. Área efetiva coletora de radiação solar (A_{sv}) da envolvente opaca na estação de arrefecimento.....	64
Tabela 4.27. Ganhos solares pela envolvente opaca (Q_{sol}) na estação de arrefecimento	65
Tabela. 4.28. Área efetiva de cobertura sujeita a ganhos solares (A_{sv}) na estação de arrefecimento	66
Tabela. 4.29. Ganhos solares pela cobertura na estação de arrefecimento (Q_{sol})	66
Tabela 4.30. Ganhos térmicos brutos (Q_g) nos meses de arrefecimento	67
Tabela 4.31. Fator de utilização dos ganhos térmicos (η_v) para cada mês de arrefecimento	67
Tabela 4.32. Necessidades de energia útil para arrefecimento (N_{vc})	68
Tabela 4.33. Energia final necessária (N_f) ajustada à taxa de ocupação verificada no ano de 2013	69
Tabela 4.34. Quadro resumo das necessidades de energia final total ($N_f + Q_a$) estimadas.....	69
Tabela 5.1. Consumo mensal verificado no ano de 2013	71
Tabela 5.2. Horários de ponta, cheias e vazio, correspondentes ao tarifário. (Edp,2014)	72
Tabela 5.3. Energia utilizada para iluminação e outros equipamentos elétricos (E_{outros}).....	74
Tabela 5.4. Consumo de água verificado no edifício no ano de 2013	76
Tabela 5.5. Consumo de energia por dormida ($E_{DORMIDA}$)	77
Tabela 5.6. Consumo de energia de cada hóspede para produção de AQS.	78
Tabela 5.7. Energia utilizada para cada hospede para aquecimento e arrefecimento do edificio. ..	79
Tabela 5.8. Energia nominal utilizada por dormida para iluminação e outros equipamentos ($E_{DORMIDA}$).....	80
Tabela 5.9. Necessidades de energia primária ($E_{primária}$), tendo em conta o consumo efetivo.....	82
Tabela 5.10. Necessidades globais de energia primária ($E_{primária}$)	83

1. Introdução

Neste capítulo será apresentado um breve enquadramento bibliográfico alusivo à motivação que levou à elaboração deste trabalho. Serão ainda identificados os objetivos deste trabalho assim como a metodologia utilizada.

1.1. Enquadramento

A energia é um recurso imprescindível para o conforto humano, assim como para o desenvolvimento económico e social das populações. Contudo a utilização de energia gera sempre impactes negativos sobre o ambiente, desde a utilização de recursos como a água, madeira ou combustíveis fósseis até à produção dos resíduos resultantes da sua utilização (Sebastião, 2010).

Uma das consequências mais preocupantes resultante do atual consumo energético é o aumento do efeito de estufa com origem nas elevadas emissões de gases poluentes para a atmosfera. Os efeitos negativos das emissões são cada vez mais visíveis a nível das alterações climáticas globais e regionais. Atualmente a satisfação das necessidades energéticas do mundo ainda assenta principalmente no uso dos combustíveis fósseis. Contudo com o aumento das necessidades e a escassez das reservas deste recurso é imprescindível adotar um novo modelo com base na eficiência energética e na expansão das energias renováveis. Para inverter esta situação é necessário alterar comportamentos, nomeadamente no que diz respeito à redução das emissões de GEE's (Edp, 2011).

Durante muitos anos a prioridade dos países industrializados foi apenas e exclusivamente o desenvolvimento económico deixando de parte todas as questões relacionadas com ambiente, nomeadamente a qualidade do ar (Custódio, M. 2011). No entanto, na década de 70, com a primeira crise do petróleo, começou a surgir a preocupação com a qualidade do ar e os efeitos que a utilização de combustíveis fósseis tinha sobre o ambiente, assim como a necessidade de procurar outras fontes de energia para reduzir a dependência do petróleo (Martins, P. 2012).

Uma das atividades que mais contribui para o desenvolvimento económico dos países é o turismo que se expandiu após a 2ª Guerra Mundial, maioritariamente nos países em desenvolvimento. Desde essa altura o turismo tem crescido mundialmente movido pelo investimento e o aumento da circulação de pessoas que faz desenvolver as sociedades e as economias locais. Porém, esta expansão do turismo também tem consequências negativas para o ambiente, principalmente no que diz respeito ao consumo energético (Sebastião, 2010).

No presente trabalho será analisada a eficiência energética de uma estalagem, tendo como base os seus consumos energéticos no ano de 2013.

1.2. Objetivo e Metodologia

O objetivo deste trabalho é procurar contribuir para o estado de conhecimento no domínio da eficiência energética em edifícios do sector do turismo, através da realização de uma análise da eficiência energética de uma estalagem do concelho de Constância, do Distrito de Santarém. Para isso, foram analisadas as necessidades de energia útil, tendo em conta a zona climática e as características do edifício, comparando com o consumo energético real do edifício e com outros estudos realizados em estabelecimentos de categoria semelhante.

A Metodologia utilizada baseia-se na análise das características do edifício de estudo e dos seus consumos. Para analisar as características do edifício foi realizada uma visita às instalações na qual foram recolhidos os dados necessários para a elaboração deste trabalho. A metodologia de cálculo utilizada foi o Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH, 2013), adaptado para uma análise mensal das necessidades energéticas do edifício, afetado do parâmetro Graus-dia (GD).

O trabalho encontra-se dividido em 6 capítulos, entre os quais se insere este primeiro capítulo de introdução. O segundo capítulo apresenta um resumo do estado do conhecimento relativamente a estudos realizados com contornos semelhantes aos deste trabalho. No terceiro capítulo é apresentado o caso de estudo, nomeadamente as características do edifício. No quarto capítulo é elaborada uma análise das necessidades energéticas do edifício em estudo, tendo por base as suas características. O quinto capítulo é feita uma análise dos consumos reais do edifício tendo em conta as faturas de eletricidade e água. O sexto capítulo é dedicado às conclusões obtidas com este trabalho.

2. Estado do Conhecimento

Neste capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica do estado do conhecimento relativo ao tema deste trabalho, nomeadamente no que diz respeito a estudos realizados com contornos semelhantes.

2.1. Conceito de Eficiência Energética no Sector do Turismo

Foi através do Protocolo de Quioto que os países industrializados acordaram em reduzir as suas emissões de gases com efeito de estufa (GEE) em 5,2% até 2012, com base nas emissões de 1990 (Gomes, 2009).

O possível esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, a pressão dos resultados económicos e as preocupações ambientais, fazem com que a eficiência energética seja vista como uma solução para equilibrar o modelo de consumo existente e assim combater as alterações climáticas (Edp, 2011).

Segundo o artigo 3º, alínea b) da Diretiva nº2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de Abril de 2006, o conceito de Eficiência Energética pode ser definido como o razão entre os bens ou energia gerados e a energia utilizada para o efeito, ou seja, a Eficiência Energética provem da otimização do consumo de energia (Graça, 2011).

Um estudo da Comissão Europeia, “2020 vision: Saving our energy” afirma que é possível poupar entre 27% a 30% nos consumos energéticos dos edifícios, através da aplicação de medidas de utilização racional da energia (Comissão Europeia, 2010).

No que respeita ao sector hoteleiro a eficiência energética apresenta um papel importante face ao desafio representado pelo aumento da competitividade, combinar a redução de custos com as condições de conforto é um dos dilemas deste sector (Lamarão, 2002).

Para garantir as comodidades dos seus clientes um Hotel tem que garantir alguns serviços mínimos. Serviços estes que consomem energia, nomeadamente:

- ✓ Climatização dos quartos;
- ✓ Iluminação;
- ✓ Utilização de água quente e outras atividades que consomem energia elétrica pelos hóspedes;
- ✓ Preparação das refeições;
- ✓ Piscina;
- ✓ Outras atividades que consomem energia elétrica pelos hóspedes (Hotel Energy Solutions, 2011).

A utilização de energia para estas atividades não é uniforme nem tem igual importância para todas. Os espaços condicionados, com necessidades de aquecimento, arrefecimento, ventilação e ar condicionado, são os maiores consumidores de energia nos

hotéis europeus, correspondendo a cerca de metade do consumo total. Assim sendo pode-se considerar que, as condições meteorológicas exteriores, o pavimento e a temperatura interior do hotel, estão entre os principais fatores que afetam o consumo de energia nos edifícios hoteleiros, pois para garantir o conforto dos clientes é necessário um maior uso de energia.

As águas quentes (AQS) são geralmente o segundo maior consumidor, correspondendo a 15 % do consumo total de energia. A iluminação pode variar entre 12-18 % e até 40 % do consumo total de energia de um hotel, dependendo da categoria do estabelecimento. Serviços como a restauração e lavandaria também são responsáveis por uma parte considerável do consumo de energia, especialmente considerando que os equipamentos destes serviços são geralmente menos eficientes em termos de energia. Também instalações desportivas e de saúde são tipicamente grandes consumidores de energia.

Os resultados de um estudo realizado em hotéis gregos verificaram que 72-75 % do consumo total de energia é utilizada para os espaços condicionados e para a produção de águas quentes. Cerca de 8-9 % é utilizada para iluminação e 15 % é usado para a restauração, Figura 2.1, (Hotel Energy Solutions, 2011).

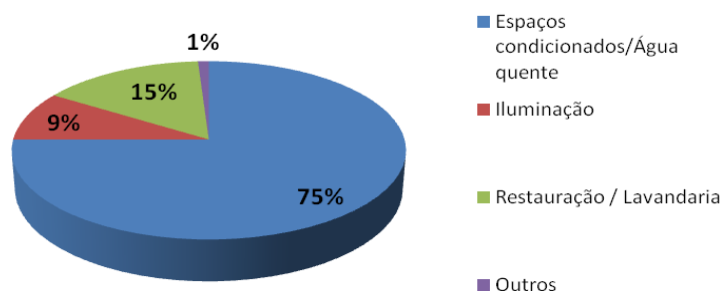


Figura 2.1. Consumo energético em hotéis gregos. Adaptado de: (Hotel Energy Solutions, 2011)

Diversos estudos foram realizados na Europa por forma a identificar os consumos energéticos nos hotéis de várias categorias de classificação, criando assim a possibilidade de criar medidas para reduzir esses consumos (Hotel Energy Solutions, 2011).

2.2. Consumo Energético de Hotéis Europeus

Em Portugal os edifícios tanto de serviços como residenciais são responsáveis pelo consumo de mais de 20% da energia final, por este motivo é necessário promover a melhoria da eficiência energética nos edifícios, ou a utilização racional de energia, reduzindo os consumos desde a preparação de água quente sanitária, passando pela iluminação e pelos equipamentos e eletrodomésticos, sem esquecer a melhoria da envolvente tendo em conta o impacto desta nos consumos de climatização (aquecimento, arrefecimento e ventilação) para assegurar o conforto ambiente (DGEG,2002).

O consumo de energia é um dos principais fatores que necessitam de controlo com vista a uma maior sustentabilidade, devendo ser adotadas medidas e estratégias que promovam uma maior eficiência dos edifícios.

Uma das causas do elevado consumo energético dos edifícios é a não utilização de eficientes soluções de isolamento térmico, o que leva a uma utilização desmesurada de equipamentos de climatização (Ganhão, 2011).

De acordo com os dados do Relatório de Sustentabilidade desenvolvido em 2011, pelo Turismo de Portugal, que aborda uma análise Nacional sobre o turismo, em 2010, o consumo de energia por parte do sector turístico divide-se em três atividades, alojamento, restauração e agências de viagem e operadores, dos quais a atividade de alojamento é a responsável pela maior percentagem de consumo de energia, com 71% de consumo equivalente a 4 555 413 Gj (Figura 2.2).

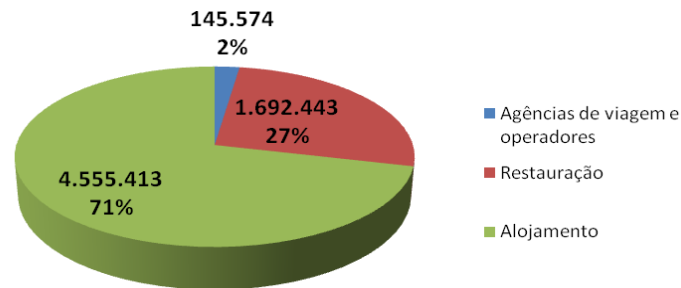


Figura 2.2. Consumo total de energia nas áreas de alojamento, restauração e agências de viagem e operadores, no ano de 2010 (Gj/%) (Turismo Portugal, 2011)

No que diz respeito ao consumo energético, dividindo as fontes de energia em eletricidade e gás (propano, natural e butano), segundo o Relatório de Sustentabilidade de 2011, para a atividade de alojamento, sendo esta a que possui maior consumo de energia, a fonte de energia com maior consumo é a eletricidade, com um consumo no ano de 2010 de 2 813 281 Gj equivalente a 64,1% do consumo total de energia (Figura 2.3).

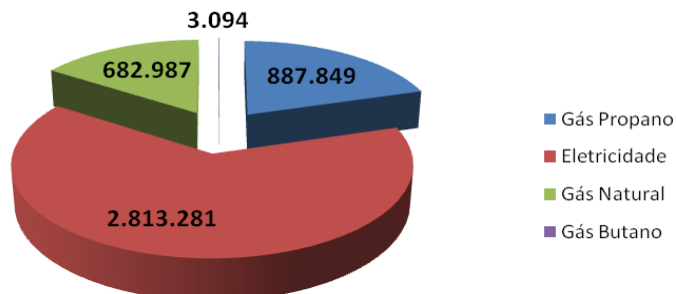


Figura 2.3. Consumo de eletricidade no alojamento comparativamente com o consumo de gás em 2010 (Gj/%) (Turismo de Portugal, 2011)

Este consumo de eletricidade referente ao alojamento foi refletido nas emissões de CO₂, que para o ano de 2010 respetivamente foram de 168 508 toneladas de CO_{2eq}, em

conjunto com outras áreas de atividade ligadas ao turismo como a restauração e as agências de viagem e operadores resultou numa emissão total, em 2010, de 254 103 toneladas CO_{2eq} (Figura 2.4).

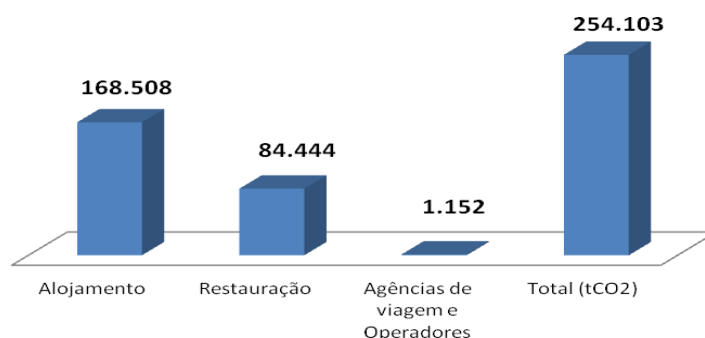


Figura2.4. Emissões decorrentes do consumo de eletricidade (ton/ CO_{2eq}) (Turismo Portugal, 2011)

Estima-se que no total do sector tenham sido emitidos em 2010, 294 763 toneladas de CO₂ associadas aos consumos energéticos das várias atividades, estima-se que em só em viagens de avião dos turistas tenham sido emitidas 7,4Mtoneladas de CO₂ (Turismo Portugal, 2011).

Por estes motivos è necessário adaptar o sector às alterações climáticas através da criação de projetos com objetivo de reduzir estes consumos e melhorar a eficiência energética do sector.

Existe atualmente um projeto Europeu denominado RELACS (Renewable Energy for tourist Accommodation Buildings), desenvolvido pela Intelligent Energy Europe, que engloba parceiros de 10 países com o objetivo de envolver e motivar um determinado número de alojamentos turísticos para serem introduzidas soluções de energia renovável e medidas de eficiência energética nos edifícios de alojamento, conseguindo assim através da implementação de ferramentas reduzir o consumo energético e consequentemente as emissões de CO₂ (RELACS,2013).

Em Portugal, em Outubro de 2013, o Corinthia Hotel Lisbon foi distinguido como 'Melhor Projeto de Eficiência Energética' da Europa, por ter conseguido no primeiro semestre do ano, uma redução do consumo de energia superior a 25% em todo o seu empreendimento, que se traduz numa redução de 600 mil kW/h e uma redução de emissões de CO₂ de 290 toneladas. Este Hotel além de adotar um conceito de Hotel Energeticamente Eficiente ainda alia um compromisso de eficiência energética e compromisso ambiental que visa a redução da pegada de CO₂ (Boas Noticias, 2013).

Foi realizado também um “Estudo Sobre as Condições de Utilização de Energia e de Segurança dos Principais Equipamentos Energéticos na Hotelaria” (DGEG,2002), promovido pela Direção Geral de Energia e abrangeu as unidades hoteleiras com um número de quartos superior a 100, das categorias 4 e 5 estrelas localizadas no Continente, Região Autónoma dos Açores e Região Autónoma da Madeira. Este estudo tinha por objetivo obter um conjunto de dados que caracterizem o sector a nível energético,

nomeadamente, caracterização dos consumos energéticos globais do setor. Este estudo concluiu que a utilização final de energia com valores mais elevados de consumos energéticos é correspondente aos sistemas de aquecimento, arrefecimento e ventilação, cerca de 32,2% (Figura 2.5) comparativamente com outras utilizações finais de energia, sendo que o consumo correspondente só ao aquecimento (19%) dos edifícios corresponde a 659 MWh/ano.

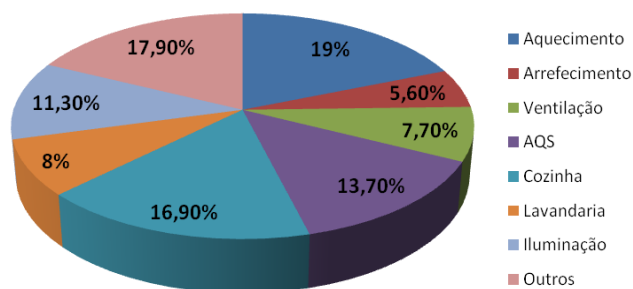


Figura 2.5. Desagregação dos consumos energéticos por utilização final (DGEG, 2002)

A eletricidade é a fonte energia mais utilizada no sector hoteleiro, corresponde a 45% do consumo energético total. A iluminação, a ventilação e o arrefecimento são utilizadores exclusivos de eletricidade, contudo esta também tem algum peso na cozinha (32%), lavandaria (22%) e noutras utilizações administrativas, nomeadamente utilização dos elevadores (61%).

O sector hoteleiro é também grande consumidor de fontes de energia como gasóleo (2%), fuelóleo (21,8%), Gás Natural (2,5%) e GPL (25,7%), destinados maioritariamente ao aquecimento dos edifícios e AQS (Figura 2.6).

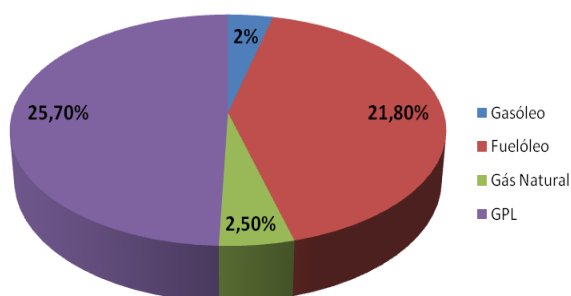


Figura 2.6. Consumos fontes de energia do sector hoteleiro das regiões do Continente, Regiões Autónomas dos Açores e Madeira, de 4 e 5 estrelas (DGEG, 2002)

As utilizações finais de energia apresentam consumos médios por unidade de área, o aquecimento consome cerca de 46 kWh/m².ano, as AQS cerca de 39 kWh/m².ano e as cozinhas de cerca de 37 kWh/m².ano.

Por dormida os consumos específicos de energia nos hotéis de 4 estrelas foi de 42 kWh/dormida.ano, nos hotéis de 5 estrelas foi de 89 kWh/dormida.ano. Relativamente as utilizações finais de energia por dormida foram consumidos em aquecimento cerca de 11 kWh/dormida.ano, nas cozinhas cerca de 9 kWh/dormida.ano e nas AQS cerca de 8 kWh/dormida.ano.

Na sequência deste estudo foram implementadas medidas de utilização racional de energia, nomeadamente referentes à melhoria de eficiência da iluminação, melhoria da eficiência na cozinha e lavandaria e implementação de medidas de gestão de energia, que permitiram uma poupança total de cerca de 13% do consumo total do sector, da amostra utilizada, equivalente a 29 532 MWh/ano.

Foi elaborado outro estudo na sequência do “Estudo Sobre as Condições de Utilização de Energia e de Segurança dos Principais Equipamentos Energéticos na Hotelaria” (DGEG,1999), promovido igualmente pela Direção Geral de Energia que abrange as unidade hoteleiras de 3 estrelas da região do Algarve, com o objetivo de caracterizar os consumos e equipamentos energéticos dos estabelecimentos e identificar medidas de utilização racional de energia que apresentem viabilidade económica. Este estudo ao contrário do anterior teve em conta a zona climática da em que os hotéis, hotéis-apartamento e motéis estão inseridos.

Este estudo tomou como conclusões que comparativamente com os hotéis de 4 e 5 estrelas, os consumos de energia, face às dimensões dos estabelecimentos de 3 estrelas, são relativamente reduzidos, cerca de 69% das unidades não atingem um consumo final de 500 MWh/ano. As características de consumo de eletricidade, GPL e gasóleo (Figura 2.7) são, no conjunto de todas as tipologias de estabelecimento, respetivamente, 9 011 MWh/ano (cerca de 52,6%), sendo esta a fonte predominante de energia, 6 985 MWh/ano (cerca de 40,8%) e 1 122 MWh/ano (cerca de 6,6%). Os consumos de energia por dormida variam entre os 5 kWh/dormida até 40 kWh/dormida, sendo que a maioria das unidades hoteleiras, cerca de 57,1%, apresentava consumos específicos entre os 10 e os 20 kWh/dormida.

Um outro estudo realizado sobre o consumo energéticos de hotéis de pequenas e médias dimensões, revelou que para a maioria dos hotéis, o consumo de energia está entre 200-400 kWh/m²/ano. Contudo, não há evidências de que existem diferenças estatisticamente significativas nos níveis de intensidade do uso de energia (kWh/m²/ano) entre hotéis ou outro alojamento com diferentes classificações de estrelas (Hotel Energy Solutions, 2011).

Num estabelecimento hoteleiro a energia é utilizada eficientemente quando a quantidade de energia necessária para cada atividade é definida, os sistemas operam apenas quando são necessários e quando existe um sistema de gestão de energia e um programa de operações para os serviços, e planos de manutenção que garantem o bom funcionamento de todo o estabelecimento (Lamarão,2002).

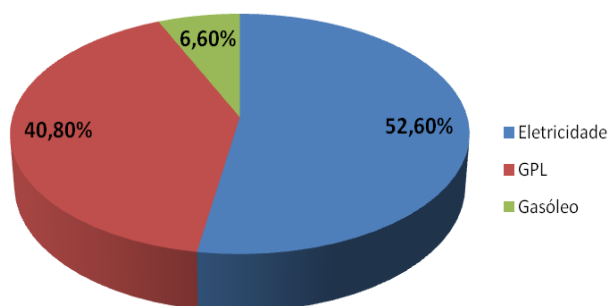


Figura 2.7. Consumos de eletricidade, GPL e gasóleo das unidades hoteleiras da região do Algarve (%) (DGEG,2002)

As instalações hoteleiras estão entre os cinco primeiros em termos de consumo de energia no sector da construção, estima-se que 97,5 TWh de energia foi utilizado em instalações hoteleiras em todo o mundo, em 2001.

A maior parte da energia utilizada nos estabelecimentos hoteleiros é proveniente de fontes fósseis o que contribui para o aquecimento global e consequentes alterações climáticas. Estima-se que esta contribuição esteja na ordem dos 160 a 200 Kg de CO₂ por m² de área útil das instalações.

Em 2001 os níveis de emissão de CO₂ relativo aos hotéis foram na ordem dos 55,7 milhões de toneladas, enquanto que o consumo energético do sector hoteleiro foi estimado em cerca de 39 TWh, o que resultaria em emissões de 10 milhões de toneladas de CO₂, no ano de 2001, significa isto que as emissões foram muito superiores às estimadas para o consumo verificado (Hotel Energy Solutions, 2011).

2.3. Fatores que Influenciam o Consumo de Energia

A eficiência energética dos edifícios, especificamente edifícios hoteleiros, está dependente de vários fatores, desde as características de construção, passando pela utilização de fontes naturais para ventilação, aproveitamento da radiação solar, até às tecnologias utilizadas para aquecimento, arrefecimento e aquecimento de águas sanitárias (AQS). É a gestão conjugada e eficiente de todos estes aspetos que aumenta as condições de conforto de um edifício reduzindo os custos de energia associados (Isolani et al, 2008).

As necessidades energéticas relativas à climatização, AQS, iluminação, entre outros, de um estabelecimento hoteleiro depende sempre do comportamento dos utilizadores, grau de exigência dos mesmos, do comportamento físico do próprio edifício, nomeadamente da sua envolvente, arquitetura, tipologia e localização, e da eficiência energética dos equipamentos tecnológicos que são utilizados (Lamarão,2002).

O potencial de poupança de energia de um hotel é significativo, especialmente quando uma vez que uma grande parte do consumo de energia é devido à perda e o desperdício desnecessário de energia.

È pratica frequente nos hotéis ser dado aos hóspedes o controlo total sobre as configurações do termostato e unidades de ar condicionado individual, deixando ao critério de cada um a preocupação com a conservação de energia. Muitas vezes, as janelas e as portas são abertas simultaneamente com a operação do arrefecimento ou do sistema de aquecimento. Verifica-se ainda que muitos quartos alugados permanecem desocupados por longos períodos de tempo, cerca de 60 - 65 % do dia, permanecendo os sistemas de climatização em execução ou em modo stand-by. Assim a energia consumida por um quarto de hotel è feita 24 horas por dia, durante todo o ano, independentemente de o quarto estar ou não ocupado (Hotel Energy Solutions, 2011).

Tornar um edifício hoteleiro eficiente implica conjugar as necessidades dos clientes com as características arquitetónicas do próprio, o que implica que as medidas sejam desde a raiz do projeto, ou seja, desde a construção do edifício (Lamarão,2002). No caso do estabelecimento hoteleiro já existente è necessário fazer uma avaliação das suas características de para definir linhas de ação para uma melhoria significativa tanto a nível ambiental como nos custos (Isolani et all, 2008).

2.3.1. Características Exteriores

As características arquitetónicas e construtivas dos edifícios são determinantes no conforto do seu interior, por este motivo è necessário ter em conta quando se projeta um edifício as condições climáticas e adaptar a construção ao local para evitar a utilização posterior de sistemas artificiais de climatização para conseguir atingir o conforto térmico (Isolani et all, 2008).

A qualidade de construção de um hotel è um aspeto importante não só para a sua imagem como para o conforto que transmite aos clientes tanto no aspeto da segurança, como visual, térmico e acústico (Lamarão,2002).

Localização do Edifício

A localização de um alojamento hoteleiro è um aspeto importante não só por se poder tratar de zonas estratégicas, derivado da proximidade com pontos de interesse ou até devido à paisagem, contudo a sua localização è um aspeto importante do ponto de vista térmico do edifício (Isolani et all, 2008).

O território nacional encontra-se dividido por zonamentos climáticos, na estação de aquecimento, inverno (I) e na estação de arrefecimento, Verão (V), que são classificados de I a III de acordo com a severidade do clima na região, mais severo classificado como III, menos severo classificado como I (DL 118/2013).

Este zonamento climático está associado a duas variáveis climáticas responsáveis pela transferência de calor, a temperatura do ar e a radiação solar. A temperatura do ar exterior proporciona as trocas de calor com o edifício no sentido em que no inverno a temperatura exterior è mais baixa fazendo com que hajam perdas térmicas do interior para o exterior, no verão ocorre o inverso, como a temperatura interior è mais baixa há ganhos de calor do exterior para o interior.

A radiação solar é importante na medida em que no Inverno constitui uma fonte de calor contribuindo para o aumento da temperatura interior e no Verão representa uma fonte de calor a evitar pois vai aumentar ainda mais a temperatura interior do edifício.

È possível tirar partido da localização do edifício de forma a aproveitar a trajetória do sol, nomeadamente o ângulo de incidência dos raios solares, conseguindo aproveitar ao máximo o seu potencial na estação de aquecimento, conseguindo minimizar o seu efeito negativo na estação de arrefecimento, recorrendo a soluções construtivas eficientes (Isolani et al, 2008).

Fator de Forma

O tipo de edifício também afeta as condições térmicas do interior, as necessidades de aquecimento durante a estação de Inverno e as necessidades de arrefecimentos durante a estação de Verão depende das perdas térmicas pela envolvente do edifício, através das paredes, janelas, telhado, pavimentos e outras pontes térmicas. Assim sendo, segundo o quanto mais baixo for o Fator de Forma de um edifício, mais eficiente este se torna do ponto de vista energético.

O Fator de Forma (FF) é o quociente entre o somatório das áreas da envolvente exterior e interior do edifício ou da fração autónoma com exigências térmicas e o respetivo volume interior correspondente, em suma representa uma relação entre a superfície / volume (Rodrigues, 2011). Quanto maior for o Fator de Forma menos eficiente é o edifício, como se verifica na tabela 2.1, uma moradia independente tem um fator de forma de 0,8 é menos eficiente energeticamente do que um edifício com vários pisos (Isolani et al, 2008).

Tabela 2.1. Fator de Forma para vários tipos de moradias. Adaptado de: (Isolani et al, 2008)

<i>Tipo de Edifício</i>	<i>FF</i>
Moradia Independente	0,80
Moradia germinada	0,65
Edifício de um piso	0,50
Edifício de vários pisos	0,30

Captação da energia solar

È necessário adaptar o edifício ao clima existente, de forma a aproveitar o sol como fonte de calor na estação de aquecimento, mas tendo em conta também o clima do local durante a estação de arrefecimento, adaptando a construção às duas estações (Rodrigues M, 2011).

Em Portugal as condições meteorológicas abrangem tanto as situações de Verão como de Inverno, por este motivo as condições construtivas mais favoráveis aos dois casos são a menor exposição solar das superfícies a Este e Oeste, que são mais irradiadas durante o Verão, para reduzir a influência do frio é preferível reduzir a quantidade de vãos

envidraçados orientados a Norte e aumentar as que estão orientadas a Sul, que são mais fáceis de proteger durante o Verão recorrendo ao sombreamento (Isolani et al, 2008).

O sombreamento pode ser feito pelo interior ou pelo exterior do edifício de forma a impedir a incidência total da radiação solar através da criação de uma barreira. O sombreamento é um aspeto fundamental para evitar que ocorra fenómenos de “efeito de estufa” na estação de arrefecimento decorrentes da entrada dos raios solares que atravessam os vidros e que são impedidos de sair por estes. A proteção conferida por barreiras aos raios solares depende de onde esta é colocada (Rodrigues M, 2011).

2.3.2. Características da Construção

A qualidade de uma construção e consequentemente o conforto térmico no seu interior também depende dos materiais que constituem a envolvente do edifício. As características principais que se tem que ter em conta nos ganhos e perdas de energia pela envolvente do edifício são a inércia térmica do material e o seu poder isolante (Isolani et al, 2008).

Inércia Térmica

A inércia térmica é uma propriedade característica dos materiais pesados e densos como os tijolos maciços, uma parede com uma estrutura deste tipo tem uma elevada capacidade térmica, funcionando como reservatório de calor e amortecedor térmico contrariando os extremos climáticos exteriores. O que se verifica nas habitações com paredes antigas de grande espessura em pedra, no Inverno a temperatura interna restabelece-se mesmo que se areje o edifício e no Verão a capacidade da parede de absorver o calor mantém o interior mais fresco (Garrido,2008).

Isolamento Térmico

A quantidade de calor que é necessário para manter um edifício a uma temperatura confortável depende também do isolamento térmico que evita as transferências de calor por condução entre o interior e o exterior de um edifício (Isolani et al, 2008).

Quando um edifício é mal isolado é necessário a utilização de equipamentos de climatização artificiais que acarretam maiores consumos de energia e consequentemente maiores custos, assim para evitar que isto aconteça basta fazer intervenções de melhoria a nível de isolamento (Garrido,2008).

Para que as perdas e ganhos de calor pela envolvente sejam reduzidos o isolamento tem que cumprir requisitos no que respeita a pilares, vigas e paredes de proteção devem estar posicionadas dentro da área isolada, deve-se ter em atenção a ligação entre os diferentes elementos do edifício para evitar as pontes térmicas, nas zonas de junção entre diferentes materiais, descontinuidades no isolamento em zonas de pilares e vigas, o calor dissipa-se em maior quantidade (Isolani et al, 2008).

As janelas e as portas devem ser colocadas de forma a criar uma barreira de corte de calor e as varandas e terraços devem ser estruturas separadas da estrutura principal, para evitar maiores áreas de perda de calor.

A aplicação de um bom isolamento na envolvente do edifício garante uma poupança ao nível dos custos de climatização artificial. Existem vários tipos de isolamentos (Tabela 2.2), os quais devem ser escolhidos dependendo do clima da zona e das restrições implícitas pela própria construção.

Os isolantes são materiais porosos e de baixa densidade que impedem as perdas e os ganhos de calor pela envolvente do edifício. Existem vários tipos de materiais, os mais utilizados são o EPS (Poliestireno Expandido), o XPS (Poliestireno Extrudido), a PUR (Espuma Poliuretano), o ICB (Aglomerado de Cortiça) e a MW (Lã Mineral) (Isolani et al., 2008).

Uma das características que distingue os vários tipos de isolamento é a condutibilidade térmica do material, quanto mais baixa a sua condutibilidade térmica melhor é o isolamento térmico.

Tabela 2.2. Tipos de Isolamentos e respetiva condutibilidade Térmica (W/m.°C) (ESTT,2013)

<i>Isolamento</i>	<i>Condutibilidade Térmica (W/m.°C)</i>
EPS (Poliestireno Expandido)	Entre 0,0440 e 0,0370
XPS (Poliestireno Extrudido)	Entre 0,0340 e 0,0342
PUR (Espuma Poliuretano)	Entre 0,029 e 0,030
Policloreto de Vinil	Entre 0,031 e 0,034
ICB (Aglomerado de Cortiça)	Cerca de 0,043
MW (Lã Mineral)	Cerca de 0,041

O isolamento pode ser colocado na envolvente do edifício de três formas, pelo exterior, pelo interior ou colocado na caixa-de-ar (Figura 2.8).

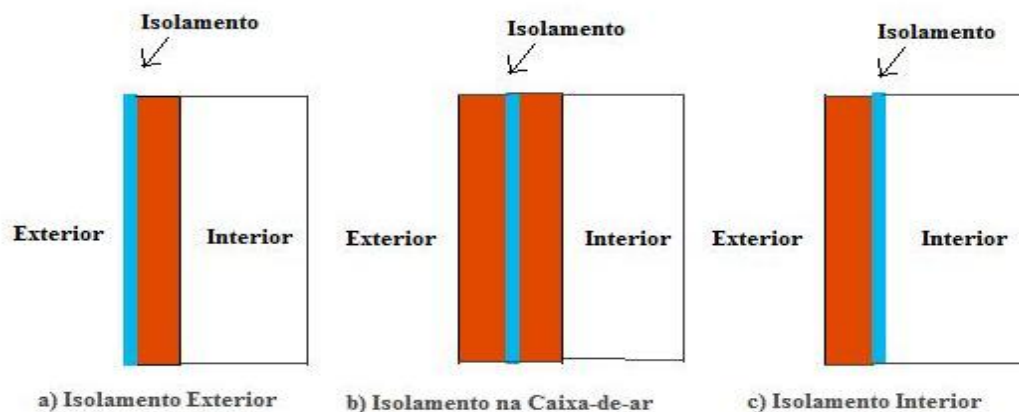


Figura 2.8. Ilustração da aplicação de isolamento pelo exterior, na caixa de ar e pelo interior

O isolamento colocado pelo exterior é de todos o considerado mais eficaz, consiste na aplicação de material isolante nas paredes exteriores e posteriormente coberto com reboco e/ou tinta. O isolamento pode também ser colocado pelo interior, contudo é menos eficaz que o isolamento pelo exterior. Consiste na colagem do isolante na face interior das paredes, isolamento este que pode ser revestido com placas de gesso cartonado adquirindo assim um acabamento final sem necessidade de mão-de-obra especializada.

O terceiro caso é o isolamento na caixa-de-ar, em que no caso de existir uma caixa de ar adequada esta é preenchida com o isolamento. Este isolamento é mais eficaz que o isolamento interior mas menos eficaz que o isolamento exterior

O isolamento térmico não é apenas necessário nas paredes do edifício, pois é através das coberturas que se dão a maioria das perdas de calor na envolvente de um edifício, pelo que é nestas componentes que há maior prioridade na colocação de isolamento. O isolamento pode ser colocado em coberturas horizontais ou inclinadas (Isolani et al, 2008).

Pavimento

A intervenção nos pavimentos torna-se importante quando estes estão em contacto direto com o exterior ou em contacto com espaços interiores não aquecido. Este isolamento é aplicado sobre a laje corrigindo assim as pontes térmicas existentes através deste (Isolani et al, 2008).

Vãos Envidraçados e Caixilharia

Por norma os estabelecimentos hoteleiros são dotados de grandes vãos envidraçados, principalmente nas zonas dos quartos, sala de estar e restaurante, para proporcionar uma vista agradável aos clientes (Lamarão,2002).

Os vãos envidraçados devem ser dimensionadas em função da orientação solar uma vez que estes são a componente de edifício que melhor permite a entrada de luz natural, poupando assim os custos com a iluminação. É também através dos vãos envidraçados que se faz a entrada de calor através da radiação solar que favorece o aquecimento do interior do edifício durante a estação de aquecimento, mas em contrapartida contribuem para os ganhos de calor durante a estação de arrefecimento.

É necessário fazer uma gestão correta dos vãos envidraçados para conseguir encontrar o equilíbrio e utilizar os recursos naturais, a radiação solar e a ventilação natural, de forma eficiente por forma a minimizar as necessidades energéticas para arrefecer o edifício no Verão e aquecer no Inverno.

Deve-se então ter em conta a área da superfície envidraçada, o tipo de vidro utilizado (simples ou duplo) e o tipo de caixilharia utilizada, pois esta também pode ser responsável pela dissipação do calor. Para que a sua eficiência seja adequada, a introdução de vãos envidraçados num edifício deve ter em conta alguns aspetos. São eles:

- Uma superfície envidraçada orientada a Sul deverá ter uma área de cerca de 40% da área total da parede, se esta área for superior a 50% na estação de aquecimento haverá um sobreaquecimento no caso de não existirem proteções solares adequadas;
- As superfícies orientadas a Este e Oeste não contribuem para os ganhos térmicos durante a estação de aquecimento, contudo podem contribuir para ganhos térmicos durante a estação de arrefecimento, pelo que devem ser dotadas de proteções solares;
- Nas superfícies a Norte a radiação solar raramente incide diretamente nos vãos envidraçados pelo que é necessário ter em conta as potenciais perdas térmicas que ocorrem na estação de aquecimento.

O isolamento dos vãos envidraçados é feita pelo tipo de vidro utilizado, assim sendo as janelas com vidros duplos têm maior capacidade de isolamento do que os vidros simples, uma vez que o espaço existente entre os dois vidros reduz as perdas de calor e quanto maior for o este espaçamento maior o poder isolante do vidro. A utilização de vidros duplos e caixilharia com corte térmico pode reduzir até 50% as perdas térmicas das janelas (Rodrigues M, 2011).

Cor do revestimento

A cor que é utilizada na superfície do edifício também influencia a carga térmica a que o edifício está sujeito e consequentemente o conforto térmico no seu interior, pelo que a escolha da cor do seu revestimento pode ser tecnicamente utilizado para contrariar as adversidades climatéricas extremas que ocorrem na estação de arrefecimento.

O material integrante da superfície exterior do edifício pode contribuir para a absorção ou para a reflexão dos raios solares, controlando assim a carga térmica do edifício. A parte dos raios solares que é absorvida aumenta a carga térmica que passa para o interior do edifício promovendo o seu aquecimento.

Se a superfície for de cor preta esta absorve 90% da radiação solar que incide na superfície, se a superfície for branca absorve apenas 20% da radiação pelo que grande parte da radiação incidente é refletida.

A cor do revestimento da superfície exterior dos edifícios deve ser escolhida de acordo com o clima do local, sendo que as características climatéricas em Portugal favorecem a utilização de cores claras para que as temperaturas extremas de Verão não causem sobreaquecimento dos edifícios (Rodrigues M, 2011).

2.3.3. Ventilação

Para que exista uma boa eficiência energética do edifício é muito importantes dispor da troca de ar nas condições consideradas ideias, ou seja, de forma natural (Isolani et all, 2008). Muitas vezes os estabelecimentos hoteleiros são construídos em zonas altas, longe

das habitações, o que faz com que o edifício esteja mais exposto aos ventos dominantes, o que pode favorecer a ventilação natural (Garrido,2008).

A existência de mistura e renovação do ar permite uma redução de humidade e contaminação, levando assim a um maior conforto. Um edifício sem ventilação adequada pode gerar a formação de humidade através dos vapores formados afetando além do conforto, a saúde dos seus ocupantes.

A ventilação do edifício pode ser feita através de métodos naturais ou forçados. Para fazer uma ventilação natural recorre-se à abertura de janelas nos vãos em contacto com o exterior, melhorando a qualidade do ar interior assim como a temperatura interior na estação de arrefecimento. Contudo esta ventilação também pode ser responsável pelas perdas de calor na estação de aquecimento.

A ventilação forçada permite que haja renovação do ar (Tabela 2.3) em espaços onde não é possível recorrer à ventilação natural, através de condutas de ventilação com extratores, que extraem o ar parado no interior, e ventiladores que injetam ar novo no interior (Isolani et al, 2008).

Tabela 2.3. Valores mínimos e recomendados de renovação do ar num hotel, para um número máximo de ocupantes por 100 m² (m³/(h.ocupante)). Adaptado de: (Lamrão,2002)

ESPAÇO	Ocupação prevista (Ocupantes/100 m²)	Renovação do ar (m³/(h.ocupante))	
		Mínimo	Recomendado
Quartos	5	12	17-26
WC dos Quartos	-	34	51-85
Corredores	5	9	12-17
Zonas Públicas	32	12	17-26
Salas de Reunião	75	34	43-51
WC público	107	26	34-43
Restaurante	75	17	26-34
Cozinha	21	51	60
Bar	160	51	68-85

2.3.4. Aquecimento e Arrefecimento

Os sistemas de aquecimento e arrefecimento têm um papel muito importante no conforto térmico no interior do hotel, representando em alguns casos metade do consumo total de energia. Para conseguir uma gestão eficiente da climatização do edifício há que ter em conta as diferentes zonas e os períodos de ocupação que variam ao longo do dia. Quando os espaços não estão ocupados os sistemas de aquecimento e arrefecimento devem ser minimizados ou mantidos em standby dependendo dos períodos da não ocupação do espaço serem curtos ou longos (Lamarão,2002).

A climatização dos edifícios hoteleiros de grandes dimensões é, por norma, feito através de sistemas de ar condicionado, contudo nos edifícios como estalagens ou

pousados (Garrido,2008) è comum ver-se sistemas de aquecimento central, que servem apenas para aquecer o edifício durante o inverno e produzir água quente para uso interno.

O ar condicionado tem como objetivo manter uma temperatura ambiente constante e o mais confortável possível controlando a temperatura a humidade e a distribuição do ar tanto na estação de aquecimento como de arrefecimento (Isolani et al, 2008).

Sistemas de aquecimento central

Os sistemas de aquecimento central são compostos por três componentes principais: unidade geradora de calor (caldeira), sistema de distribuição do calor (tubagens) e componentes de utilização final (radiadores, piso radiante, etc) e as unidades de regulação e controlo.

Na utilização de caldeiras è necessário adequar o consumo de combustível e o calor produzido aos requisitos de energia do edifício, por forma a ter uma produção de calor eficiente, um consumo energético mais reduzido e consequentemente emissões de poluentes mais baixos (Isolani et al, 2008).

Os componentes de utilização final como os radiadores podem ser de vários tipos, contudo existem algumas características que são comuns entre todos, nomeadamente a potência que está diretamente ligada à área do radiador. A utilização destes sistemas tem algumas desvantagens, o facto de as divisões do alojamento serem aquecidas por uma corrente de ar ascendente, assim o ar que está em contacto com o teto è aquecido em primeiro lugar e só posteriormente o ar que está por baixo, este aspeto leva a uma perda significativa de energia (Garrido,2008).

A utilização do piso radiante em comparação com os sistemas de aquecimento tradicional, este proporciona maior conforto com um menor consumo de energia, uma vez que o calor se propaga no sentido ascendente, aquecendo até dois metros de altura.

As unidades de regulação e controlo do aquecimento são essenciais para manter a temperatura do interior estável independentemente das temperaturas exteriores (Isolani et al, 2008).

Ar condicionado

O ar condicionado tem como objetivo manter uma temperatura ambiente o mais confortável possível no interior do edifício.

O ar condicionado pode ser instalado com um sistema centralizado de ventilação e ar condicionado, que torna o sistema mais eficiente e não è necessário alterar a arquitetura exterior do edifício. A utilização de um sistema centralizado eficiente tem a vantagem de reduzir os desperdícios energéticos e baixar a fatura de eletricidade.

Para que exista um consumo mais eficiente de energia o tipo de aparelho mais recomendado é do tipo “inverter”, uma vez que consomem entre 20% a 30% menos energia que os aparelhos convencionais.

O sistema de ar condicionado tem a principal vantagem, comparativamente com os sistemas de aquecimento central, de poderem ser utilizados tanto na estação de aquecimento como na estação de arrefecimento (Isolani et al, 2008).

2.3.5. Produção de águas quentes sanitárias

A produção de águas quentes sanitárias (AQS) é um processo no qual existe elevados consumos de energia, podendo atingir os 15% do consumo total de energia (Lamarão,2002), fazendo uma utilização eficiente destes sistemas possibilita a redução do consumo de eletricidade assim como a minimização dos impactes ambientais associados a este consumo (Isolani et al, 2008).

As necessidades de água quente nos hotéis varia consoante a sua categoria, os hotéis de 5 estrelas necessitam de cerca de 150 L/hospede.dia, enquanto que um hotel de 3 estrelas necessita de 90 L/hospede. Dia. Esta água é usada maioritariamente nos banhos e na cozinha. A energia necessária para produção da AQS, num hotel de categoria média varia entre 1500 e 2300 kWh/quarto por ano (Comissão Europeia, 1995)

A principal medida para redução dos consumos associados ao aquecimento de águas reside diretamente da diminuição do consumo de água quente, contudo nos estabelecimentos hoteleiros esta redução é difícil de controlar, pois além do consumo dos hóspedes existe ainda um consumo específico associado às cozinhas e lavandarias, pelo que existem outras medidas que podem ser tomadas para poupar até 30% na produção de AQS, sem que o conforto seja posto em causa, são (Comissão Europeia, 1995):

- ✓ Minimizar as fugas fazendo uma manutenção das condutas, tubagens e torneiras;
- ✓ Isolar as tubagens e depósitos de armazenamento;
- ✓ Instalar torneiras programáveis nos WC's privados e comuns e nas zonas comuns;
- ✓ Instalar sistemas de baixo consumo nos chuveiros e lavatórios;
- ✓ Instalar medidores de consumo de água quente.

Existem dois tipos principais de sistemas de AQS, sistemas instantâneos como esquentadores a gás ou elétricos e caldeiras, e sistemas de acumulação como a caldeira, bomba de calor, termoacumuladores de resistência térmica e os painéis solares.

Os sistemas instantâneos trazem algumas desvantagens como o elevado desperdício de energia e água até que a temperatura pretendida seja atingida, o fato do aparelho não trabalhar em contínuo mas apenas quando é necessário água quente aumenta o consumo energético associado e ser limitado ao abastecimento de água quente a vários pontos em simultâneo.

Nos sistemas de acumulação a água é aquecida e armazenada para uso posterior num tanque acumulador isolado. Este tipo de sistemas tem a vantagem de trabalhar em contínuo, ao contrário dos sistemas instantâneos, tornando-o mais eficiente e permitindo que a utilização da água quente seja feita em simultâneo em várias zonas do alojamento (Rodrigues M, 2011).

2.3.6. Iluminação

A iluminação dos hotéis tem que ser adequadas a cada zona e à atividade a que se destina de forma conferir um conforto ambientalmente agradável. A energia elétrica despendida na iluminação dos estabelecimentos hoteleiros representa uma grande percentagem do consumo total de energia, entre 12 a 18%, dependendo da categoria do mesmo, e cerca de 40% do consumo total de eletricidade. Uma forma eficiente de utilizar a iluminação é através da utilização de armaduras nas lâmpadas que permitem dirigir a luz para as zonas que se pretende iluminar evitando a iluminação desnecessária de espaços (Garrido, 2008).

A iluminação natural é um fator importante e deve ser combinada com a iluminação artificial por forma a minimizar a utilização desta última. A luz natural tem a vantagem de possuir um espectro contínuo enquanto a luz artificial produz apenas a parte do espectro visível, pelo que faz com a iluminação natural seja mais eficiente.

A poupança de energia através da iluminação pode ser feita a partir da utilização de lâmpadas de alto rendimento, como lâmpadas fluorescentes ou LED, poupando entre 30 a 50% da eletricidade consumida. Outra forma de poupar energia, além de instalar lâmpadas mais eficientes pode ser através da instalação de controlos automáticos de iluminação, para que os espaços que não estão a ser ocupados, como corredores e WC's públicos, não sejam iluminados desnecessariamente, acendendo apenas quando é detetada a presença de um hóspede (Lamarão,2002).

2.3.7. Equipamentos da Zona de Serviços

Das três áreas distintas de um estabelecimento hoteleiro, zona de quartos, zonas comuns e zona de serviços, esta ultima também apresentam elevados consumos de energia, pois abrange em geral a cozinha e lavandaria (Lamarão,2002).

Cozinha

A cozinha de um estabelecimento hoteleiro, dependendo da sua dimensão, consome energia de acordo com o número de refeições que são servidas por dia e do tipo de alimentação que é preparada, em média uma cozinha de hotel consome 1 a 2 kWh por refeição. Os equipamentos utilizados devem assim ser adequados ao tipo de serviço

existente, optando por equipamentos mais eficientes como fornos de convecção e fogões de indução.

Para a confeção de cada refeição estimam-se que sejam necessários cerca de 4,5 L de água quente a uma temperatura média de 60°C, e ainda a água necessária para lavagem de louça, o que equivale a um consumo de energia entre 0,2 a 0,3 kWh/refeição em AQS. Numa cozinha existem ainda sistemas de conservação de alimentos como congeladores e frigoríficos, que consomem uma grande quantidade de energia, em média um consumo de 0,1 a 0,3 kWh por cada refeição confeccionada.

A cozinha é um local que devido à utilização de grandes fontes de calor, vapores e fumos, necessita de uma boa ventilação, que pode ser feita através de extractores ou exaustores que também apresentam um consumo significativo de energia (Comissão Europeia, 1995)

Lavandaria

Há hotéis que possuem este serviço para proceder à lavagem da roupa de cama o que faz com que seja um serviço onde é despendida muita energia em máquinas de lavar e água. O consumo médio é de cerca de 2 a 3 kWh por quilo de roupa que inclui a lavagem, secagem e passagem a ferro.

Uma forma de poupar energia na lavagem de roupa é através do reaproveitamento do calor desperdiçado na água quente utilizando-o no processo de secagem. Além disso os equipamentos devem funcionar apenas quando estão completamente carregados e devem ser ajustados de forma a controlar os consumos. A produção centralizada de água quente pode levar a grandes poupanças de energia (Lamarão, 2002).

2.3.8. Utilização de Energias Renováveis

Os consumos energéticos referentes à utilização de equipamentos elétricos referi conferem custos elevados nas faturas dos estabelecimentos hoteleiros, como os equipamentos utilizados na cozinha e na lavandaria, custos estes que podem ser reduzidos recorrendo à aplicação de medidas de melhoramento ou recorrendo a outras fontes de energia renovável, como por exemplo utilizar painéis solares para os sistemas de AQS, painéis fotovoltaicos para produção de eletricidade e ainda utilizar a energia de biomassa nos sistemas de aquecimento do ar interior. Podendo ainda em alguns casos recorrer a sistemas de energia eólica e geotérmica dependendo da localização do edifício (Isolani et al, 2008).

Solar térmico

Um painel solar é um dispositivo que permite converter a energia solar em energia térmica. É constituído por um painel (coletor) que capta a luz solar, um permutador onde

circula em fluido de aquecimento e um depósito que permite armazenar a água quente. (Isolani et al, 2008)

Os painéis solares térmicos podem constituir um complemento de apoio à climatização e ao aquecimento de águas. O rendimento dos sistemas de AQS depende da intensidade de energia solar que varia de acordo com a localização geográfica do hotel e as horas anuais de sol (Lamarão,2002).

Para que a utilização dos painéis solares seja eficiente, podendo satisfazer cerca de 70% das necessidades térmicas no AQS, é necessário que o sistema respeite requisitos de instalação, como:

- ✓ Os coletores devem ficar orientados para Sul, ou com uma rotação a 45 graus no máximo para Este ou Oeste;
- ✓ O ângulo dos coletores em relação à linha horizontal deve corresponder à latitude do local, mas adequados conforme a utilização para o Inverno ou Verão;
- ✓ As tubagens devem ser isoladas para reduzir as perdas de calor;
- ✓ A sua manutenção e limpeza devem ser feitas com fácil acesso.

A seleção do equipamento deve ter em conta o tipo de edifício e o número de pessoas a que se destina para calcular o volume do depósito e o número de coletores necessários (Isolani et al, 2008).

Fotovoltaico

Um painel fotovoltaico é um dispositivo que converte a energia solar diretamente em eletricidade, a sua unidade principal de funcionamento é a célula fotovoltaica, constituída por um material semicondutor, o silício. A sua eficiência de conversão varia de acordo com a localização, a disponibilidade de luz solar, e a inclinação dos módulos, podendo atingir 15% de rendimento. A eficiência de conversão é uma das desvantagens da sua utilização, é um valor baixo face aos custos do investimento necessário.

A utilização da tecnologia fotovoltaica tem algumas vantagens como a sua elevada fiabilidade, uma vez que não possui peças móveis, os módulos permitem uma instalação simples e adaptáveis às necessidades do edifício, a energia que é produzida durante as horas de radiação solar pode ser armazenada em baterias para ser aproveitada durante a noite, para além de ambientalmente ser um sistema não poluente.

A utilização de painéis fotovoltaicos trás ainda a vantagem de poder produzir energia elétrica para autoconsumo e vender o excedente à rede de distribuição (Isolani et al, 2008).

Energia da Biomassa

A biomassa é a fração orgânica (biodegradável) de resíduos urbanos, florestais, agrícolas, industriais, que podem ser aproveitados energeticamente. Esta biomassa pode ser utilizada em alternativa aos equipamentos elétricos para gerar calor, utilizando fogões ou caldeiras, contornando a clássica versão da lenha, podem ser utilizados pellets como alternativa mais eficiente, uma vez que têm um poder calorífico superior à lenha comum e por isso a dualidade eficiência-custo é mais rentável. A utilização de biomassa como fonte de calor na estação de aquecimento apresenta vantagens comparativamente com a utilização dos combustíveis convencionais utilizados em caldeiras, gásóleo e gasolina, pois são mais seguros (Isolani et al, 2008).

Energia eólica

A energia eólica é a energia produzida a partir do vento que pode ser aproveitada para produzir eletricidade. A conversão da energia é feita a partir da energia cinética do vento que faz girar as pás da turbina que por sua vez fazem rodar um eixo que coloca em funcionamento um gerador de campos magnéticos que convertem a energia rotacional em eletricidade. Existem turbinas de pequenas dimensões que podem ser utilizadas para alimentar edifícios com condições favoráveis à sua instalação, zona ventosa, podendo produzir entre 400 W e 3,2 kW (Isolani et al, 2008).

Energia geotérmica

A energia geotérmica é mais utilizada em Portugal na Ilha dos Açores, contudo pode ser utilizada em todo o território nacional através do aproveitamento da temperatura da terra, uma vez que a 5 metros de profundidade a temperatura é de aproximadamente 15°C, sendo estável durante todo o ano, esta energia pode ser aproveitada para satisfazer as necessidades térmicas tanto para AQS como para climatização. A energia geotérmica é captada através de bombas de calor. A captação é feita através de tubagens enterradas com um circuito de fluido de transferência, água e um aditivo anti-congelante.

Na estação de aquecimento como a temperatura no interior do edifício é superior que a da terra este calor interior é transferido para o solo, na estação de arrefecimento o calor do solo é transferido para o interior através das bombas de calor. A eficiência do sistema depende do gradiente de temperatura do fluido e do meio exterior, quanto maior a diferença de temperaturas maior a eficiência (Isolani et al, 2008).

2.4. Legislação Aplicável

O Protocolo de Quioto fixou os objetivos relativos à redução de emissões de CO₂, e para poder atingir os objetivos fixados pelo Protocolo de Quioto foi criada legislação para colocar em prática de comportamentos ambientais e de Eficiência Energética, criando incentivos fiscais e financeiros para a sua implementação. Em Portugal existem vários regulamentos, normas e Decretos-Lei, alguns comuns a toda a união Europeia, que regulam as emissões de CO₂ e a eficiência energética dos edifícios novos e antigos, nomeadamente:

Diretiva 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010, que estabelece os objetivos Europeus de redução de 20% nas emissões de GEE, 20% de energia proveniente de fontes renováveis e aumento de 20% na eficiência energética até 2020. Estabelece metas nacionais e planos de Incentivos para recuperação do parque edificado existente e para construção de novos edifícios de “Energia quase zero”, através da implementação de requisitos mínimos baseados em critérios de viabilidade económica e apresentação da classe energética dos edifícios.

Decreto-Lei n.º 118/2013. D.R. n.º 159, Série I de 2013-08-20, aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Este DL revoga os Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril, Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril e o Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril sem prejuízo do disposto no n.º 2 do artigo 54.º do Decreto-lei n.º 118/2013 de 20 de agosto.

Lei n.º 58/2013. D.R. n.º 159, Série I de 2013-08-20, aprova os requisitos de acesso e de exercício da atividade de perito qualificado para a certificação energética e de técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas, conformando-o com a disciplina da Lei n.º 9/2009, de 4 de março, que transpõe a Diretiva n.º 2005/36/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de setembro de 2005, relativa ao reconhecimento das qualificações profissionais.

Portaria n.º 349-A/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29, determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ).

Portaria n.º 349-B/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29, define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de

eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

Portaria n.º 349-C/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02, estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização.

Portaria n.º 349-D/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02, estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

Portaria n.º 353-A/2013. D.R. n.º 235, Suplemento, Série I de 2013-12-04, estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação.

Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, procede à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes.

Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária.

Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes.

Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados.

Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia.

Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.

Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as

necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.

Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, procede à publicação das regras de determinação da classe energética.

Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho

Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03, procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética

Retificações Efetuadas:

D.R. nº2/2014, retifica a Portaria 353-A/2013 de 4 de Dezembro;

D.R. nº3/2014, retifica a Portaria nº349-C/2013 de 2 de Dezembro;

Dr.nº4/2014, retifica o Despacho (extrato) nº 15793-I/3013;

D.R.nº127/2014, retifica o Despacho (extrato) nº 15793-K/3013;

D.R.nº128/2014, retifica o Despacho (extrato) nº 15793-I/3013;

D.R.nº129/2014, retifica o Despacho (extrato) nº 15793-D/3013;

D.R.nº130/2014, retifica o Despacho (extrato) nº 15793-F/3013;

Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), è um documento que engloba um conjunto de medidas fundamentais para que Portugal possa alcançar objetivos fixados no âmbito da Diretiva nº2006/32/CE, do Parlamento e do Conselho de 5 de Abril. (Grilo, 2012)

3. Apresentação do Caso de Estudo

Neste capítulo será apresentado o caso de estudo, clarificando as suas características estruturais, com base numa análise dimensional. Serão ainda apresentadas as características como os principais serviços e equipamentos utilizados.

O caso de estudo que se apresenta é referente a um estabelecimento do tipo hoteleiro, com a designação de estalagem Casa João Chagas, localizado na vila de Constância, no distrito de Santarém.

O estabelecimento em estudo é composto por dois edifícios distintos, Edifício A e Edifício B.

O edifício A, Figura 3.1, é composto por composto por 4 pisos. No piso 0 encontram-se a cozinha, utilizada apenas para a confeção de pequenos-almoços, o refeitório, uma sala comum e a lavandaria. Os pisos 1 e 2 são compostos por 3 quartos cada um, e no piso 3 existe apenas um quarto do tipo suite.

O Edifício B é composto igualmente por 4 pisos. No piso 0 encontra-se a receção, o escritório administrativo e uma sala de arrumos. Os pisos 1 e 2 são compostos por 3 quartos cada um, e no piso 3 existe apenas um espaço de arrumos considerado sótão.

Para a análise energética realizada neste trabalho foi utilizado apenas o Edifício A, pelo facto de este utilizar a eletricidade como única fonte de energia, quer para produção de águas quentes sanitárias (AQS), quer para climatização.

No ano de 2011 foram realizadas obras de melhoria que consistiram na remoção do pavimento em alcatifa e substituição por pavimento flutuante de madeira escura, substituição de portas e janelas de madeira por caixilharia de alumínio e plástico, renovação dos WC's com substituição de loiças sanitárias e acessórios, e pinturas de acabamento.



Figura 3.1. Fachada principal do Edifício A

Relativamente à ocupação máxima no Edifício, nas zonas de refeitório e sala comum é de 22 pessoas, enquanto que nos quartos é de 16 pessoas.

O período com maior ocupação é nas estações da Primavera e Verão, devido à proximidade a praias fluviais, e o período com menor ocupação é de Novembro a Janeiro, estações de Outono e Inverno.

De seguida são apresentadas as plantas do Edifício A, Figuras 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5, utilizadas em conjunto com outras medições realizadas, para proceder à análise dimensional do edifício. As plantas apresentam as definições das divisões do edifício que serão utilizadas ao longo do trabalho.

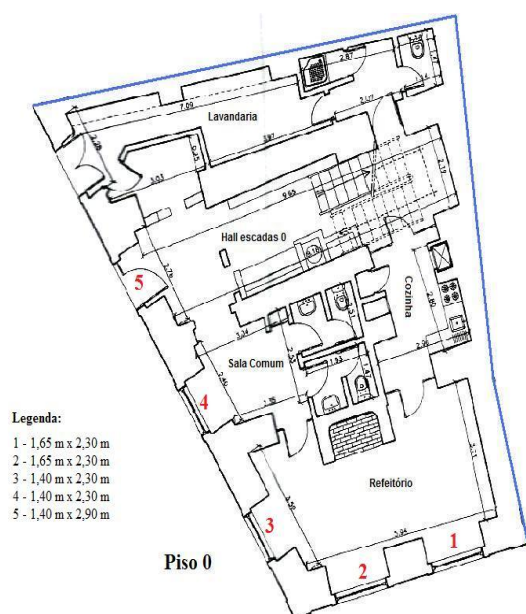


Figura 3.2. Planta do piso 0 do Edifício A

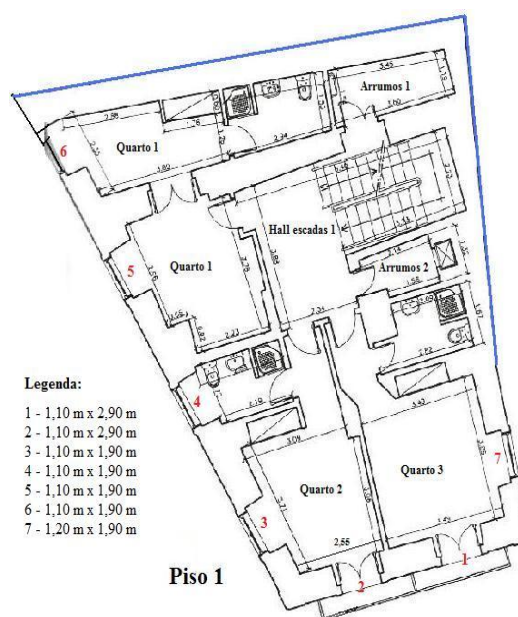


Figura 3.3. Planta do piso 1 do Edifício A

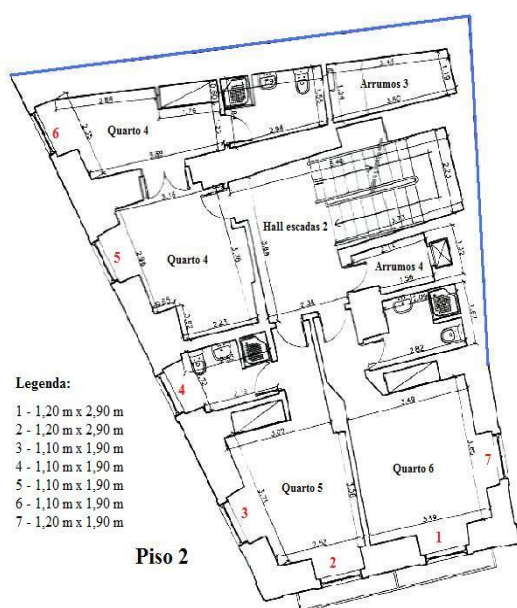


Figura 3.4. Planta do piso 2 do Edifício A

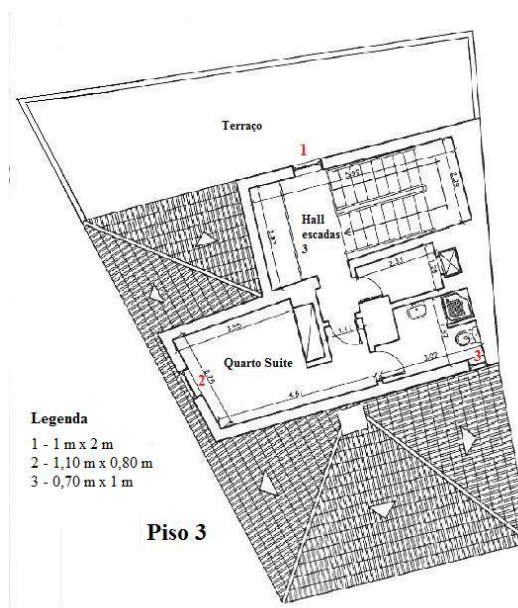


Figura 3.5. Planta do piso 3 do Edifício A

De seguida são apresentadas as características do Edifício A em conjunto com a análise dimensional do edifício.

3.1. Características das Paredes Exteriores

As paredes exteriores dos edifícios são compostas por alvenaria de pedra, sem isolamento, rebocadas e pintadas de cor clara, com apontamentos em pedra mármore no contorno do edifício e das janelas, Figura 3.1.

Foi realizada uma análise dimensional com base nas plantas do edifício, obtendo-se a distribuição da área da envolvente apresentada na Tabela 3.1.

Todos os cálculos efetuados na análise dimensional da envolvente do edifício encontram-se no Anexo I.

Tabela 3.1. Distribuição da área da envolvente, pelas variadas divisões, do Edifício A

<i>DIVISÕES DO EDIFÍCIO</i>	<i>Orientação</i>	<i>Área envolvente exterior (m²)</i>
Refeitório	SE	10,23
Refeitório	SO	7,55
Sala comum	SO	3,98
Hall escadas 0	SO	4,22
Lavandaria	SO	2,49
Quarto 2	SE	4,46
Quarto 2	SO	12,11
Quarto 1	SO	14,51
Quarto 3	NE	13,68
Quarto 3	SE	7,28
Quarto 5	SE	5,47
Quarto 5	SO	12,11
Quarto 4	SO	14,51
Quarto 6	NE	14,28
Quarto 6	SE	8,38
Quarto suite	SE	22,37
Quarto suite	SO	7,4
Quarto suite	NO	10,65
Hall escadas 3	SO	8,49
Hall escadas 3	NO	15,97
Hall escadas 3	NE	6,87
Arrumos 5	NE	3,96
Quarto suite	NE	5,61
TOTAL		216,58

3.2. Características da Cobertura

A cobertura do edifício è em telhado de telha vermelha, Figura 3.6, sem isolamento, segundo indicações do proprietário do estabelecimento.

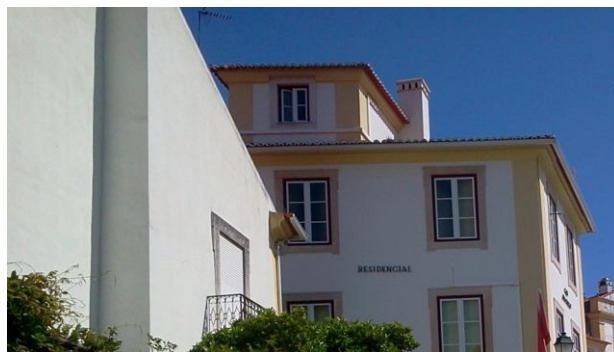


Figura 3.6. Cobertura do Edifício A

O Edifício A é composto por dois tipos de cobertura, cobertura horizontal, com uma área total de 23,42 m² e uma área de cobertura inclinada com uma área de 118,06 m².

Relativamente à laje do edifício, segundo as informações do proprietário, o edifício é composto por laje maciça sem isolamento.

3.3. Características dos Vãos Envidraçados

A caixilharia existente no Edifício A difere de plástico com vidro duplo e vedante de borracha. A proteção solar é feita através de portadas de madeira interior.



Figura 3.7. Caixilharia do Edifício A

O edifício é composto no total por 22 vãos envidraçados, 7 com orientação Sudeste (SE), 12 orientados a Sudoeste (SO), 2 orientados a Nordeste (NE) e 1 orientado a Noroeste (NO).

A dimensão dos vãos envidraçados e a sua distribuição pelas divisões do edifício estão apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Dimensão dos vãos envidraçados (m²) e distribuição dos vãos pelas divisões do edifício

<i>DIVISÕES DO EDIFÍCIO</i>	<i>Orientação</i>	<i>Área vãos envidraçados (m²)</i>
Refeitório	SE	7,59
Refeitório	SO	3,22
Sala comum	SO	3,22
Hall escadas 0	SO	4,06
Quarto 1	SO	4,18
Quarto 2	SO	4,18
Quarto 2	SE	3,19
Quarto 3	SE	3,19
Quarto 3	NE	2,28
Quarto 4	SO	4,18
Quarto 5	SO	4,18
Quarto 5	SE	3,19
Quarto 6	SE	3,19
Quarto 6	NE	2,28
Hall escadas 3	NO	2
Quarto suite	SO	0,88
Quarto suite	SE	0,7
TOTAL		55,71

3.4. Características das Paredes interiores

As paredes divisórias do edifício são de alvenaria de pedra rebocada com cimento e pintadas de cor clara.

O edifício apresenta grande parte da sua envolvente interior em contacto com edifícios adjacentes, facto que pode afetar as perdas de calor pela envolvente opaca. A área total de envolvente em contacto com edifícios adjacentes é de 160,17 m².

3.5. Características do Pavimento

O pavimento do Edifício A é distinto nas várias divisões existentes. Os quartos estão assoalhados com pavimento flutuante de madeira escura, quer na zona das camas como nos WC's. A cozinha, o refeitório e a lavandaria estão pavimentados com azulejo lavável. O pavimento da entrada e da sala comum é um marco histórico do edifício, que se manteve após as obras de restauração. Este chão é composto por pedras rombas de cor castanha intercaladas com betão.

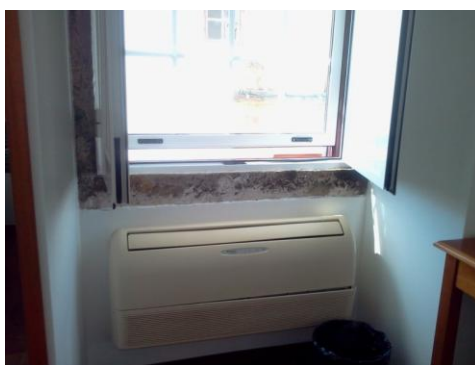
Relativamente à análise dimensional do pavimento útil do edifício, a distribuição da área de pavimento é apresentada na Tabela 3.3.

Tabela 3.3. Área total de pavimento útil (m²) e distribuição pelas divisões do edifício

<i>DIVISÕES</i>	<i>Área pavimento útil (m²)</i>
Quarto 1 + wc	26,7
Quarto 2 + wc	20,47
Quarto 3 + wc	19,17
Arrumos 1	4,79
Hall escadas 1	9
Arrumos 2	2,18
Quarto 4 + wc	26,7
Quarto 5 + wc	20,47
Quarto 6 + wc	19,17
Arrumos 3	4,79
Arrumos 4	2,18
Hall escadas 2	9
Hall escadas 3	6,79
Arrumos 5	2,98
Quarto suite + wc	20,47
Cozinha	9,41
Refeitório	25,76
Sala comum + Wc	14,77
Hall escadas 0	24,47
Lavandaria	23,42
TOTAL	292,69

3.6. Características da Ventilação e Climatização

A climatização do edifício é feita através de respiradores nas zonas de WC e cozinha e através de sistemas de ar condicionado nos quartos, refeitório e sala. A Figura 3.8 ilustra o tipo de ar condicionado existente em todos os quartos da estalagem.

**Figura 3.8. Ar condicionado de um quarto**

A utilização dos sistemas de ar condicionado nos quartos é efetuada pelos hóspedes durante o tempo de ocupação dos quartos, sendo estes que controlam a temperatura e o tempo de utilização.

O ar condicionado instalado no refeitório é utilizado apenas quando existe ocupação do espaço e quando se verifica a existência de variações de temperatura no interior do espaço. Este aparelho apresenta uma potência nominal de 1330 W (Tipo I)¹.

O ar condicionado da sala comum é utilizado com pouca frequência e apresenta uma potência nominal de 1330 W (Tipo I).

O ar condicionado instalado nos quartos tem uma potência nominal de 1050 W (Tipo II)².

A distribuição dos volumes do edifício que são climatizados pelos equipamentos do Tipo I, equipamentos do Tipo II e sem qualquer tipo de aquecimento estão apresentadas na Tabela 3.4, para um pé-direito de 3 m.

Tabela 3.4 Volumes das divisões nas quais são utilizados equipamentos de climatização

<i>DIVISÃO</i>	<i>Volume da divisão (m³)</i>	<i>AC utilizado</i>
Piso 0		
Refeitório	77,28	Tipo I
Sala Comum	44,31	Tipo I
Cozinha	28,2	Sem
Hall escadas 0 + 1 + 2 + 3 + circulação ³	206,37	Sem
Lavandaria	70,26	Sem
Piso 1		
Quarto 1	80,1	Tipo II
Quarto 2	61,41	Tipo II
Quarto 3	57,51	Tipo II
Arrumos 1	14,37	Sem
Arrumos 2	6,54	Sem
Piso 2		
Quarto 4	80,1	Tipo II
Quarto 5	61,41	Tipo II
Quarto 6	57,51	Tipo II
Arrumos 4	14,37	Sem
Arrumos 4	6,54	Sem
Piso 3		
Quarto suite	61,41	Tipo II
Arrumos 5	8,94	Sem
<i>TOTAL</i>	<i>936,63</i>	

O volume total aquecido pelos equipamentos do Tipo I é de 121,59 m³ que corresponde a 12,98 % do volume total do edifício. O volume climatizado pelos equipamentos do Tipo II é de 459,45 m³ que corresponde a 49,05 % do volume total do

¹ Designação atribuída aos aparelhos de ar condicionado de potência nominal 1330 W.

² Designação atribuída aos aparelhos de ar condicionado de potência nominal 1050 W.

³ Volume total do vão das escadas incluindo os patamares dos 4 pisos.

edifício. Relativamente aos espaços que não são climatizados, estes correspondem a cerca de 37,96% do volume total do edifício, que corresponde a 355,59 m³.

3.7. Características da Produção de Águas Quentes Sanitárias

A produção de águas quentes sanitárias (AQS) é feita com recurso a termoacumuladores elétricos de 100 Litros, Figura 3.9, instalado um em cada piso, num total de 3. Os termoacumuladores instalados apresentam uma potência nominal de 1600 W cada um.



Figura 3.9. Termoacumulador instalado para produção de AQS

3.8. Características dos Equipamentos da Cozinha

O Edifício A é dotado de uma cozinha para confeção de pequenos-almoços que é composta apenas por equipamentos elétricos, uma placa de vitrocerâmica com uma potência nominal de 1600 W, um frigorífico com uma potência nominal de 133 W, um forno de potência nominal de 2250 W, e outros pequenos equipamentos auxiliares. A exaustão dos vapores produzidos na cozinha é feita através de um exaustor elétrico.

3.9. Características dos Equipamentos da Lavandaria

O edifício está dotado de uma pequena lavandaria auxiliar que é composta por alguns equipamentos elétricos. Os equipamentos elétricos existentes na lavandaria são uma máquina de lavar que apresenta uma potência nominal de 5300W, Figura 3.10, uma máquina de secar com uma potência nominal de 3800 W, Figura 3.11, e uma engomadora elétrica com uma potência de 3700 W, Figura 3.12.

3.10. Iluminação

A iluminação interior do edifício é feita através de lâmpadas fluorescentes de 15 W num total de 48 lâmpadas, instaladas nas zonas dos quartos, escadas de acesso, entradas, receção e escritório administrativo. Na zona do refeitório são utilizados focos com lâmpadas de LED de 7 W num total de 21 lâmpadas. Contudo desconhece-se as horas de funcionamento médias da iluminação instalada.

3.11. Outros equipamentos

Além dos equipamentos mencionados anteriormente existem ainda outros equipamentos consumidores de eletricidade instalados no edifício. Cada quarto está dotado de um televisor de dimensões reduzidas, Figura 3.13, com uma potência de consumo de 25 W. Existem ainda 2 televisões de dimensões médias instalados na zona de refeitório, Figura 3.14, e na sala comum. Estes apresentam uma potência de consumo de 118 W.



Figura 3.10. Televisão instalada nos quartos



Figura 3.11. Televisão instalada na zona de refeitório

Clarificadas as características do Edifício A, em estudo, foi realizada uma análise das necessidades energéticas do edifício com base no Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH).

A análise efetuada teve ainda por base os dados climáticos, nomeadamente a variação da temperatura exterior na zona de Constância, ao longo do ano de 2013, assim como os valores da radiação incidente e os graus-dia mensal.

4. Análise das Necessidades Energéticas

Neste capítulo apresenta-se a análise das necessidades energéticas do edifício para climatização e produção de águas quentes sanitárias (AQS), para avaliar o desempenho energético do edifício. A metodologia utilizada para avaliar o desempenho energético do edifício foi um método de cálculo quase estacionário mensal, baseado na metodologia do Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH).

A utilização desta metodologia para analisar o desempenho energético do Edifício A deve-se ao facto do conforto térmico no interior do estabelecimento ser comparável com o conforto existente num edifício de habitação, por este se tratar de uma estalagem de pequenas dimensões e pelo facto deste ser um método suficientemente preciso para estimar as necessidades de aquecimento e de arrefecimento face às incertezas de informação disponível.

Sendo o método de cálculo apresentado no REH um método baseado em valores típicos anuais e dada a possibilidade de análise das faturas correspondentes aos consumos energéticos, optou-se por proceder a uma análise mensal das necessidades de climatização, ajustando o método de cálculo do REH para uma análise mensal através do parâmetro Graus-dia.

De seguida serão apresentados os cálculos referentes ao parâmetro Graus-dia, a análise da taxa de ocupação do edifício, os cálculos das necessidades de energia útil para aquecimento e arrefecimento para todos os meses do ano de 2013 e as necessidades de energia útil para produção de águas quentes sanitárias.

Com base nas necessidades de energia útil calculadas, posteriormente, será feita uma análise comparativa com os consumos reais verificados no edifício tendo em conta as faturas de eletricidade e água do edifício.

4.1. Cálculo do Parâmetro Graus-Dia (GD)

Para proceder ao cálculo das necessidades de energia útil mensal do estabelecimento foi necessário proceder ao cálculo do valor de Graus-dia para cada mês de aquecimento do ano de 2013.

O número de Graus-dia (GD) é um parâmetro climático que tem por base a utilização dos valores da temperatura exterior horária de todos os dias do ano. Este parâmetro caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento e é definido pelo somatório das diferenças positivas registadas entre uma temperatura base de 18°C e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento (Aelenei, 2013):

$$GD = \sum (\theta_{\text{base}} - \theta_{\text{atm}}) \cdot 1h / 24 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

Onde,

θ_{base} – Temperatura interior a partir da qual é necessária energia para aquecer o edifício (18°C) [°C];

θ_{base} – Temperatura do ar exterior [°C].

Os valores de Graus-dia calculados para os meses de aquecimento estão apresentados na Tabela 4.1. Os valores utilizados para o cálculo dos Graus-dias foram obtidos do site Weather Underground (Weatherunderground,2013). As tabelas referentes aos cálculos efetuados para obtenção dos valores de Graus-dia estão apresentados no Anexo II.

Tabela 4.1. Valores do número de Graus-dia calculados para os meses de aquecimento

MÊSES DE AQUECIMENTO	GAUS-DIA (°C)
Janeiro	262
Fevereiro	252
Março	201
Abril	143
Maio	114
Outubro	72
Novembro	215
Dezembro	299
GD Anual	1556

Segundo o Despacho nº 15793-F/2013, para toda a zona climática do Médio Tejo, na qual está inserida a Vila de Constância, o valor estimado de GD é de 1155°C.dia, verificando-se uma aproximação ao valor calculado para o ano de 2013.

Na secção seguinte apresenta-se uma análise dos consumos de água verificados, com base nas faturas disponibilizadas, através dos quais se obteve uma estimativa da taxa média de ocupação do edifício no ano de 2013.

4.2. Cálculo da Taxa de ocupação

Relativamente à taxa de ocupação, foi possível obter informação acerca da ocupação do edifício em dois meses do ano de 2013, Julho e Novembro, assim como o consumo de água mensal, através da análise das faturas da água. Com base nesta informação foram estimados valores de ocupação do edifício.

No mês de Julho verificou-se um número de 420 dormidas, enquanto que no mês de Novembro o número de dormidas foi de 78. Estes valores foram considerados representativos para os períodos de Verão e Inverno, respetivamente.

Tendo em conta, com base na análise das faturas, que no mês de Julho foram consumidos 88000 L de água, estimou-se o seguinte consumo médio por dormida no mês de Julho:

$$88000/420 = 209,52 \text{ L/dormida}$$

Relativamente ao mês de Novembro foram consumidos 17000L de água. Com base nesse valor estimou-se o seguinte consumo médio por dormida para o mês de Novembro:

$$17000/78 = 217,95 \text{ L/dormida}$$

Com base nos valores médios estimados acima para os meses de Julho e Novembro, calculou-se um consumo médio por dormida, representativo para o ano de 2013:

$$(209,52 + 217,95) / 2 = 214 \text{ L/dormida}$$

De salientar que o valor estimado de 214 L de água consumida por dormida engloba toda a água consumida no edifício, nomeadamente, a água consumida na lavagem da roupa, na preparação dos pequenos-almoços e águas quentes sanitárias.

Tendo em conta a estimativa de consumo médio por dormida calculada (214 L/dormida), e, de acordo com os consumos mensais de água obtidos através da análise das faturas, calculou-se uma estimativa mensal do número de dormidas. Ou seja, sabendo que, em média, em cada dormida foram consumidos 214 L de água, sendo que no mês de Janeiro, por exemplo, foram consumidos no total 61000 L de água, então o número de dormidas no mês de Janeiro é dado por:

$$61000 / 214 = 285 \text{ Dormidas}$$

O consumo de água do edifício no ano de 2013, retirados da análise das faturas, assim como os valores estimados do número de dormidas são apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Número médio de dormidas estimado com base nos consumos de água

MÊS	Nº Dormidas	Nº Máx. Dormidas	Consumo (L)	Taxa de ocupação mensal (%)
<i>Janeiro</i>	285	496	61000	57
<i>Fevereiro</i>	210	448	45000	47
<i>Março</i>	252	496	54000	51
<i>Abril</i>	98	480	21000	20
<i>Maio</i>	145	496	31000	29
<i>Junho</i>	107	480	23000	22
<i>Julho</i>	411	496	88000	83
<i>Agosto</i>	210	496	45000	42
<i>Setembro</i>	126	480	27000	26
<i>Outubro</i>	150	496	32000	30
<i>Novembro</i>	79	480	17000	17
<i>Dezembro</i>	89	496	19000	18
TOTAL	2164	5840	463000	

Com base no número de dormidas estimado foi possível estimar a taxa de ocupação (%) tendo também em conta o número máximo de dormidas possível. Sabendo que o edifício tem uma capacidade máxima de 16 dormidas por dia, tendo em conta o número de camas disponíveis, o número máximo de dormidas no mês de Janeiro, por exemplo, é dado por:

$$16 \cdot 31 = 496 \text{ Dormidas}$$

Assim a taxa de ocupação no mês de Janeiro é de:

$$(285 / 496) \cdot 100 = 57\%$$

A taxa de ocupação referente aos restantes meses do ano de 2013, calculados com base no exemplo apresentado para o mês de Janeiro, são apresentados na Tabela 4.2. Pela análise da tabela não foi conseguida uma relação entre a taxa de ocupação e as épocas sazonais. A obtenção da taxa de ocupação com base no consumo de água pode incorrer em grandes variações no que respeita à verdadeira ocupação do estabelecimento no ano de 2013.

4.3. Cálculo das Necessidades de Energia Útil e Final para Produção de Águas Quentes Sanitárias (Qa)

As necessidades de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (Qa) dependem do equipamento utilizado para proceder ao aquecimento das águas, assim como, da taxa de ocupação do edifício. Neste caso de estudo, o aquecimento das águas sanitárias é feito com recurso a termoacumuladores elétricos.

Para o cálculo das necessidades de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (Qa), considerou-se que do valor total de água consumida por mês apenas 40L são utilizados para águas quentes sanitárias. Assim a energia útil necessária para a produção de águas quentes sanitárias, aquecendo a água acima da temperatura de referência de 35°C, é dada pela expressão:

$$Qa = (N^{\circ} \text{ Dormidas} \cdot 40L \cdot \text{feh} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot \text{nd}) / 3600000 \quad [\text{kWh}] \quad (2)$$

Onde,

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS ($\Delta T = 35^{\circ}\text{C}$);

nd – Número de dias de consumo de AQS (número de dias por mês);

feh – Fator de eficiência hídrica (feh =1);

A energia útil necessária para a preparação de águas quentes sanitárias (Qa), dada pela expressão (2) é apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Necessidades de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias (Qa)

MÊS	Qa (kWh)
<i>Janeiro</i>	464,14
<i>Fevereiro</i>	342,40
<i>Março</i>	410,87
<i>Abril</i>	159,78
<i>Maio</i>	235,87
<i>Junho</i>	175,00
<i>Julho</i>	669,57
<i>Agosto</i>	342,39
<i>Setembro</i>	205,44
<i>Outubro</i>	243,48
<i>Novembro</i>	129,35
<i>Dezembro</i>	144,57
TOTAL	3522,86

A partir da análise da Tabela 4.3 verifica-se que os meses que apresentam maiores necessidades de energia para a produção de AQS (Qa) são Janeiro e Julho, meses em que houve uma maior taxa de ocupação do edifício.

A eficiência energética do edifício, do ponto de vista do aquecimento de águas sanitárias, não depende só das necessidades de energia útil, depende também do equipamento instalado para produção de águas quentes sanitárias e do tipo de energia final utilizada. Um dos fatores que também afeta a quantidade de energia que é utilizada é a taxa de ocupação do edifício.

Neste caso as necessidades de energia final (Nf) para preparação de águas quentes assume os mesmos valores das necessidades de energia útil (Qa), uma vez que estes valores já foram afetados, de acordo com a expressão (2), do fator de eficiência hídrica associado à utilização de termoacumuladores e da ocupação do edifício no ano de 2013.

Seguidamente apresentam-se os cálculos das necessidades de energia útil e final para aquecimento.

4.4. Cálculo das Necessidades de Energia Útil para Aquecimento (Nic)

Nos meses de inverno, considerados os meses de aquecimento, é necessária a utilização de energia para manter o edifício a uma temperatura interior considerada de conforto.

A energia que é necessária ao edifício na estação de aquecimento é denominada de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e é calculada tendo em conta as transferências de calor que ocorrem por transmissão através da envolvente, as perdas de calor relativas à renovação do ar, os ganhos térmicos pela envolvente opaca e vãos envidraçados e os ganhos internos decorrentes da ocupação humana.

As necessidades de energia útil para aquecimento do edifício (N_{ic}) são dadas pela expressão:

$$N_{ic} = (Q_{tr} + Q_{ve} - Q_{gu}) / A_p \quad [kWh/m^2 \cdot ^\circ C] \quad (3)$$

Onde,

N_{ic} – Necessidades de aquecimento de um edifício [$kWh/m^2 \cdot ^\circ C$];

Q_{tr} – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente do edifício [kWh];

Q_{ve} – Transferências de calor por ventilação na estação de aquecimento [kWh];

Q_{gu} – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes de ganhos solares através dos vãos envidraçados, iluminação, equipamentos e ocupantes [kWh];

A_p – Área útil de pavimento interior [m^2].

Seguidamente são apresentados os cálculos dos parâmetros referentes à expressão (3).

4.4.1. Transferência de calor por transmissão através da envolvente (Q_{tr})

A transferência de calor por transmissão global, que ocorre através da envolvente é dada pela equação:

$$Q_{tr} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr} \quad [kWh] \quad (4)$$

Onde,

GD – Número de Graus-dia de aquecimento para cada mês [$^\circ C$];

H_{tr} – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento [$W/^\circ C$].

O coeficiente global de transferência de calor (H_{tr}) é calculado a partir da transferência de calor existentes através da envolvente exterior (H_{ext}), transferência de calor através da envolvente interior (H_{int}) e da transferência de calor por elementos em contacto com o solo (H_{ecs}). De seguida apresentam-se os cálculos relativos aos parâmetros mencionados.

4.4.1.1. Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior (Hext)

O valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo às paredes exteriores è apresentado na Tabela 4.4 e foi calculado pelo produto da área das paredes exteriores (A) e o coeficiente de transferência térmica (U) para o tipo de parede existente.

O coeficiente de transferência térmica (U) utilizado è referente a paredes simples de alvenaria de granito, que de acordo com o ITE-54 assume um valor de 1,40 W/m².°C.

Tabela 4.4. Coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo às paredes exteriores

PAREDES EXTERIORES	Orientação	Cor	Fachada Ventilada	Área	Sombreamento na est. de arrefecimento	U	U.A
Descrição				m²		W/m².°C	W/°C
Refeitório	Sudeste	Clara	Não	10,23	Sem	1,40	14,32
Refeitório	Sudoeste	Clara	Não	7,55	Sem	1,40	10,57
Sala comum	Sudoeste	Clara	Não	3,98	Sem	1,40	5,57
Hall escadas 0	Sudoeste	Clara	Não	4,22	Sem	1,40	5,91
Lavandaria	Sudoeste	Clara	Não	2,49	Sem	1,40	3,49
Quarto 2	Sudeste	Clara	Não	4,46	Sem	1,40	6,24
Quarto 2	Sudoeste	Clara	Não	12,11	Sem	1,40	16,95
Quarto 1	Sudoeste	Clara	Não	14,51	Sem	1,40	20,31
Quarto 3	Nordeste	Clara	Não	13,68	Sem	1,40	19,15
Quarto 3	Sudeste	Clara	Não	7,28	Sem	1,40	10,19
Quarto 5	Sudeste	Clara	Não	5,47	Sem	1,40	7,66
Quarto 5	Sudoeste	Clara	Não	12,11	Sem	1,40	16,95
Quarto 4	Sudoeste	Clara	Não	14,51	Sem	1,40	20,31
Quarto 6	Nordeste	Clara	Não	14,28	Sem	1,40	19,99
Quarto 6	Sudeste	Clara	Não	8,38	Sem	1,40	11,73
Quarto Suite	Sudeste	Clara	Não	22,37	Sem	1,40	31,32
Quarto suite	Sudoeste	Clara	Não	7,4	Sem	1,40	10,36
Quarto suite	Noroeste	Clara	Não	10,65	Sem	1,40	14,91
Hall escadas 3	Sudoeste	Clara	Não	8,49	Sem	1,40	11,89
Hall escadas 3	Noroeste	Clara	Não	15,97	Sem	1,40	22,36
Hall escadas 3	Nordeste	Clara	Não	6,87	Sem	1,40	9,62
Arrumos 5	Nordeste	Clara	Não	3,96	Sem	1,40	5,54
Quarto suite	Nordeste	Clara	Não	5,61	Sem	1,40	7,85
TOTAL							303,21

O valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo às coberturas em contacto com o exterior encontra-se apresentado na Tabela 4.5.

O valor do coeficiente de transferência térmico (U), referente às coberturas em contacto com o exterior, foi determinado de acordo com as características da laje do edifício, maciça e sem isolamento, de acordo com o ITE-50:

- Cobertura inclinada, $U = 3,40 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
- Cobertura horizontal, $U = 1,6 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$.

Tabela 4.5. Valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) correspondente às coberturas exteriores

COBERTURAS EXTERIORES	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Área	U	U.A
Descrição			m²	W/m²·°C	W/°C
Cobertura horizontal	Clara	Não	23,42	1,60	37,47
Cobertura inclinada	Média	Não	118,06	3,40	401,40
			TOTAL		438,88

O valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo aos vãos envidraçados exteriores está representado na Tabela 4.6. Segundo o ITE-50, o coeficiente de transferência térmica (U) para vidros duplos do tipo SOLARLUX®, com filtros solares, e caixilharia em plástico é de $2,3 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$.

O coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo às perdas pelas pontes térmicas lineares, que para o edifício em estudo são a fachada com varanda, pavimento intermédio, fachada com caixilharia, fachada com cobertura e duas paredes verticais em ângulo saliente, encontra-se representado na Tabela 4.7.

Relativamente ao cálculo do coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo às perdas por ponte térmica, foram atribuídos os valores dos coeficientes de transmissão térmica linear (ψ) de acordo com o Despacho nº 15793 – K/2013, para cada ponte térmica.

O comprimento (B) foi calculado com base no comprimento das paredes interiores das fachadas abrangidas pelas pontes térmicas lineares.

O coeficiente de transferência de calor relativo a todas as cargas da envolvente exterior (Hext) é dado pela Tabela 4.8 e foi calculado pelo somatório dos coeficientes de transferência de calor das paredes exteriores, coberturas exteriores, vãos envidraçados exteriores e pontes térmicas lineares.

Tabela 4.6. Valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) correspondente aos vãos envidraçados

VÃO ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Orientação	Área	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede	Tipo de vidro	U	U.A
Descrição		m²			W/m².°C	W/°C
Refeitório	Sudeste	7,59	Sim	Duplo	2,30	17,46
Refeitório	Sudoeste	3,22	Sim	Duplo	2,30	7,41
Sala comum	Sudoeste	3,22	Sim	Duplo	2,30	7,41
Entrada	Sudoeste	4,06	Sim	Duplo	2,30	9,34
Quarto 1	Sudoeste	4,18	Sim	Duplo	2,30	9,61
Quarto 2	Sudoeste	4,18	Sim	Duplo	2,30	9,61
Quarto 2	Sudeste	3,19	Sim	Duplo	2,30	7,34
Quarto 3	Sudeste	3,19	Sim	Duplo	2,30	7,34
Quarto 3	Nordeste	2,28	Sim	Duplo	2,30	5,24
Quarto 4	Sudoeste	4,18	Sim	Duplo	2,30	9,61
Quarto 5	Sudoeste	4,18	Sim	Duplo	2,30	9,61
Quarto 5	Sudeste	3,19	Sim	Duplo	2,30	7,34
Quarto 6	Sudeste	3,19	Sim	Duplo	2,30	7,34
Quarto 6	Nordeste	2,28	Sim	Duplo	2,30	5,24
Hall escadas 3	Noroeste	2	Sim	Duplo	2,30	4,60
Quarto suite	Sudoeste	0,88	Sim	Duplo	2,30	2,02
Quarto suite	Sudeste	0,7	Sim	Duplo	2,30	1,61
				TOTAL		128,13

Tabela 4.7. Valor do coeficiente de transferência de calor (Hext) relativo às pontes térmicas lineares

PONTES TÉRMICAS LINEARES	B	Ψ	Ψ.B
	m	W/m.°C	W/°C
Fachada com pavimento intermédio	106,05	0,50	53,03
Duas paredes verticais em ângulo saliente	51,00	0,40	20,40
Fachada com varanda	12,08	0,50	6,04
Fachada com cobertura	56,30	0,50	28,15
Fachada com caixilharia	144,80	0,20	28,96
		TOTAL	136,58

Tabela 4.8. Coeficiente de transferência de calor relativo à envolvente exterior (Hext)

DESCRIÇÃO	Hext (W/°C)
Paredes Exteriores	303,21
Coberturas Exteriores	438,88
Vãos Envidraçados Exteriores	128,13
Pontes Térmicas Lineares	136,58
TOTAL	1006,80

4.4.1.2. Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior (Hint)

O coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior (Hint) é dado pelo coeficiente de transferência relativo às paredes em contacto com edifícios adjacentes. O coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior (Hint) está apresentado na Tabela 4.9.

O valor do coeficiente de transferência térmica (U) foi calculado de acordo com valor de $R_{se}=R_{si}=0,13$. O valor de U para a envolvente interior é de $1,24 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

O cálculo das perdas de calor por transmissão em elementos que separam espaços com diferentes temperaturas é afetado pelo coeficiente de redução de perdas (b_{tr}), que traduz a redução da transmissão de calor. Este valor foi atribuído em função da taxa de renovação do ar de acordo com o Despacho nº 15793 – K/2013

4.4.1.3. Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo (Hecs):

O coeficiente de transferência de calor de elementos em contacto com o solo (Hecs) encontra-se representado na Tabela 4.10. De acordo com o ITE-50, o valor do coeficiente de transferência térmico (U) de referência é de $1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Tabela 4.9. Coeficiente de transferência de calor pela envolvente interior (Hint) em contacto com edifício adjacente

PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área	U	b_{tr}	Hint = U.A. b_{tr}
	m^2	$\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$		$\text{W/}^\circ\text{C}$
Lavandaria	33,18	1,24	0,6	24,69
Lavandaria	4,41	1,24	0,6	3,28
Hall Escadas 0	6,57	1,24	0,6	4,89
Cozinha	10,2	1,24	0,6	7,59
Refeitório	11,13	1,24	0,6	8,28
Quarto 1	22,77	1,24	0,6	16,94
Arrumos 1	10,35	1,24	0,6	7,70
Arrumos 1	3,57	1,24	0,6	2,66
Hall escadas 1	6,69	1,24	0,6	4,98
Arrumos 2	3,96	1,24	0,6	2,95
Quarto 4	22,77	1,24	0,6	16,94
Arrumos 3	10,35	1,24	0,6	7,70
Arrumos 3	3,57	1,24	0,6	2,66
Hall escadas 2	6,69	1,24	0,6	4,98
Arrumos 4	3,96	1,24	0,6	2,95
TOTAL	160,17			119,17

Tabela 4.10. Coeficiente transferência de calor (Hecs) de elementos em contacto com o solo

ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO	Área	U	Hecs = U.A
	(m ²)	(W/m ² .°C.)	(W/°C)
Refeitório	25,76	1	25,76
Sala Comum	14,77	1	14,77
Cozinha	9,4	1	9,4
Hall escadas 0	24,47	1	24,47
Lavandaria	23,42	1	23,42
TOTAL	97,82		97,82

Obtidos os valores do coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior (Hext), o coeficiente de transferência pela envolvente interior (Hint) e o coeficiente de transferência por elementos em contacto com o solo (Hecs), o coeficiente de transferência de calor por transmissão (Htr) é dado por:

$$Htr = Hext + Hint + Hecs \quad [W/°C] \quad (5)$$

Donde,

$$Htr = 1006,80 + 119,17 + 97,82 = 1\,223,78 \text{ W/°C}$$

A partir do valor do coeficiente de transferência de calor por transmissão (Htr) e do número de Graus-dia obtém-se, de acordo com a equação (4), o valor das transferências de calor por transmissão através da envolvente (Qtr). Estes valores encontram-se representados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11. Transferências de calor mensais por transmissão através da envolvente interior (Qtr), na estação de aquecimento

	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Maio</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
Htr (W/°C)	1223,78							
GD (°C.dia)	261,90	251,90	200,60	142,50	113,80	71,50	214,50	298,90
Qtr (kWh)	7692,19	7398,48	5891,77	4185,33	3342,39	2100,01	6300,02	8778,91

Pela análise da tabela verifica-se que os meses com maiores perdas de calor pela envolvente interior são Dezembro, Janeiro e Fevereiro.

4.4.2. Perdas de calor pela renovação do ar (Qve)

As perdas de calor por ventilação (Qve) correspondentes à renovação do ar interior na estação de aquecimento são dadas pela expressão:

$$Q_{ve} = 0,024 \cdot G_D \cdot H_{ve} \quad [\text{kWh}] \quad (6)$$

Onde,

H_{ve} - Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento $[\text{W}/^\circ\text{C}]$.

O coeficiente global de transferência de calor por ventilação (H_{ve}) é calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$H_{ve} = 0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d \quad [\text{W}/^\circ\text{C}] \quad (7)$$

Onde,

R_{ph} – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $[\text{h}^{-1}]$;

A_p – Área interior útil de pavimento interior $[\text{m}^2]$;

P_d – Pé direito médio da fração $[\text{m}]$.

De seguida serão apresentados os cálculos correspondentes ao coeficiente global de transferência de calor por ventilação (H_{ve}).

Cálculo do P_d médio:

O volume total do edifício é dado pela Tabela 3.4 e assume o valor de $936,63 \text{ m}^3$. A área de pavimento útil (A_p) do edifício é dada pela Tabela 3.3 e assume o valor de $292,69$. A razão entre o volume do edifício e a área de pavimento útil é o valor do pé-direito médio (P_d) do edifício, tendo em conta a altura dos vãos de escada. O Pé-direito médio é dado por:

$$P_{d\text{médio}} = 936,63 / 292,69 = 3,2 \text{ m}$$

Segundo o Despacho nº 15793-I/2013 o valor da taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento é de $0,4 \text{ h}^{-1}$. Assim, o coeficiente global de transferência de calor por ventilação (H_{ve}) é dado por:

$$H_{ve} = 0,34 \cdot 0,4 \cdot 292,69 \cdot 3,2 = 127,38 \text{ W}/^\circ\text{C}$$

Relativamente às perdas de calor pela renovação do ar (Q_{ve}), estas são então calculadas a partir da expressão (6), e encontram-se representadas na Tabela 4.12.

Tabela 4.12. Perdas de calor pela renovação do ar interior (Q_{ve}) na estação de aquecimento

	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Maió</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
H_{ve} (W/°C)	127,38 W/°C							
GD (°C.dia)	261,90	251,90	200,60	142,50	113,80	71,50	214,50	298,90
Q_{ve} (kWh)	800,66	770,09	613,26	435,64	347,90	218,58	655,75	913,77

Conclui-se através da análise da Tabela 4.12 que os meses em que se verificam maiores perdas de calor devido à renovação do ar são Janeiro, Fevereiro e Dezembro, coincidindo com os meses em que a temperatura exterior é significativamente mais baixa. Os meses em que se verificam menores perdas de calor pela renovação do ar são Maio e Outubro.

4.4.3. Ganhos térmicos úteis (Q_{gu})

Os ganhos térmicos úteis são traduzidos pelos ganhos térmicos brutos (somatório dos ganhos totais nos meses de aquecimento) afetados pelo fator de utilização dos ganhos nos meses de aquecimento. Os ganhos térmicos úteis são dados pela expressão:

$$Q_{gu} = \eta_i \cdot Q_g \quad [\text{kWh}] \quad (8)$$

Onde,

η_i – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;

Q_g – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento [kWh].

De seguida serão apresentados os cálculos referentes aos ganhos térmicos brutos (Q_g).

4.4.3.1. Ganhos térmicos Brutos (Q_g)

Os ganhos térmicos brutos (Q_g) das necessidades de aquecimento são dados pela expressão:

$$Q_g = Q_{int} + Q_{sol} \quad [\text{kWh}] \quad (9)$$

Onde,

Q_{int} – Ganhos térmicos associados a fontes de calor internas [kWh];

Q_{sol} - Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar nos vãos envidraçados [kWh].

Nas secções seguintes são apresentados os cálculos referentes aos termos da expressão (9).

4.4.3.1.1. Ganhos térmicos internos (Qint)

Os ganhos térmicos internos (Qint) são calculados com recurso à seguinte expressão:

$$Q_{int} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p \quad [\text{kWh}] \quad (10)$$

Onde,

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície ($q_{int} = 4 \text{ W/m}^2$);

M – Duração média da estação de aquecimento (como a análise é mensal, $M=1$);

A_p – área útil de pavimento interior ($A_p=292,69\text{m}^2$).

Os ganhos térmicos internos encontram-se representados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13. Ganhos térmicos mensais na estação de aquecimento associados a fontes de calor internas (Qint)

	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Mai</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
Qint (kWh)	842,95	842,95	842,95	842,95	842,95	842,95	842,95	842,95

Os ganhos térmicos internos dependem da área de pavimento (A_p) total do edifício e dos ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície definidos pelo REH, não havendo variáveis independentes, pelo que assume os mesmos valores para todos os meses de aquecimento.

4.4.3.1.2. Ganhos solares brutos (Qsol)

Os ganhos solares brutos (Qsol) nos meses de aquecimento são traduzidos pelos ganhos térmicos através dos vãos envidraçados existentes no edifício e são dados pela equação:

$$Q_{sol} = G_{sul} \cdot \sum [X \cdot \sum (g \cdot F_{si} \cdot F_g \cdot A_{si})] \cdot M \quad [\text{kWh}] \quad (11)$$

Onde,

G_{sul} – Valor médio mensal de energia solar incidente na superfície orientada a sul [$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{Mês}$];

X – Fator de orientação para diferentes exposições solares;

F_{si} – Fator de obstrução do vão envidraçado;

A_{si} – Área coletora de radiação solar do vão envidraçado;

M – Duração média da estação convencional de aquecimento (como a análise é mensal, $M=1$);

F_g – Fração envidraçada do tipo de caixilharia.

Seguidamente serão apresentados os cálculos referentes ao seguinte termo da expressão (11):

$$A_e = \sum [X \cdot \sum (g \cdot F_{si} \cdot F_g \cdot A_{si})] \quad [m^2]$$

Onde,

A_e – Área efetiva coletora da radiação a sul [m^2].

Relativamente ao fator de orientação (X) este foi atribuído de acordo com a orientação dos vãos envidraçados, que segundo o REH, para os vãos orientados a SO, SE, NO e NE, assume o valor de 0,84. O valor do fator solar (g) foi determinado de acordo com o tipo de proteção existente no vão envidraçado através da seguinte expressão:

$$g = F_{w,v} \cdot g_{vi} \quad (12)$$

Onde,

F_{wv} - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de aquecimento é dado pelo Despacho nº 15793-K-2013, para vidro plano duplo, nas orientações NE/NO e SE/SO, e assume o valor de 0,85;

g_{vi} – Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão, e é dado pelo Despacho nº 15793-K-2013, para vidro duplo incolor de 4 a 8 mm + incolor 5 mm, e assume o valor de 0,75.

Assim, o valor do fator solar é de:

$$g = 0,75 \cdot 0,85 = 0,64$$

Relativamente ao fator de obstrução (F_{si}), este é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$F_{si} = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (13)$$

Onde,

F_h – Fator de sombreamento do horizonte por obstrução exteriores ao edifício, e é dado pelo Despacho nº 15793-K-2013;

F_o – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, palas e varandas, e é dado pelo Despacho nº 15793-K-2013;

Ff – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, e é dado pelo Despacho nº 15793-K-2013;

Para efeitos de cálculo os valores de Fsi, e Fg foram definidos de acordo com as regras de simplificação apresentadas no Despacho nº 15793 – E -2013, em que para os vãos envidraçados sem sombreamento, $F_{si}.F_g = 0,63$ onde $F_{si} = 0,90$ e $F_g = 0,70$. Para os vãos envidraçados com sombreamento normal, $F_{si}.F_g = 0,32$ onde $F_{si} = 0,45$ e $F_g = 0,70$, e para os vãos envidraçados fortemente sombreados, $F_{si}.F_g = 0,19$ onde $F_{si} = 0,27$ e $F_g = 0,70$.

Na tabela 4.14 são apresentados os valores do fator de obstrução (Fsi), da fração envidraçada (Fg) e do fator solar (g) atribuídos para o cálculo dos ganhos solares pelos vãos envidraçados (Qsol) na estação de aquecimento.

Obtido o valor da área efetiva coletora de radiação a sul (Ae) calculou-se os ganhos solares brutos (Qsol) de acordo com a expressão (11).

A Tabela 4.15 apresenta os valores de Gsul, calculados de acordo com valores obtidos a partir do programa Solterm (Solterm,2013) e os ganhos solares brutos (Qsol), para cada mês do ano de 2013.

Tabela 4.14. Valores utilizados no cálculo da área efetiva coletora de radiação a sul (Ae)

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Orientação	Área	Fator solar g	Fator de obstrução Fsi	Fração envidraçada Fg	Fator de Orientação X	Área efetiva coletora a sul (Ae)
Descrição		m²					m²
Refeitório	Sudeste	7,59	0,64	0,90	0,70	0,84	2,56
Refeitório	Sudoeste	3,22	0,64	0,27	0,70	0,84	0,39
Sala comum	Sudoeste	3,22	0,64	0,27	0,70	0,84	0,39
Entrada	Sudoeste	4,06	0,64	0,27	0,70	0,84	0,49
Quarto 1	Sudoeste	4,18	0,64	0,27	0,70	0,84	0,50
Quarto 2	Sudoeste	4,18	0,64	0,27	0,70	0,84	0,50
Quarto 2	Sudeste	3,19	0,64	0,90	0,70	0,84	1,08
Quarto 3	Sudeste	3,19	0,64	0,90	0,70	0,84	1,08
Quarto 3	Nordeste	2,28	0,64	0,46	0,70	0,84	0,27
Quarto 4	Sudoeste	4,18	0,64	0,46	0,70	0,84	0,72
Quarto 5	Sudoeste	4,18	0,64	0,46	0,70	0,84	0,72
Quarto 5	Sudeste	3,19	0,64	0,90	0,70	0,84	1,08
Quarto 6	Sudeste	3,19	0,64	0,90	0,70	0,84	1,08
Quarto 6	Nordeste	2,28	0,64	0,46	0,70	0,84	0,27
Hall escadas 3	Noroeste	2	0,64	0,90	0,70	0,84	0,27
Quarto suite	Sudoeste	0,88	0,64	0,90	0,70	0,84	0,30
Quarto suite	Sudeste	0,7	0,64	0,90	0,70	0,84	0,24
TOTAL							11,92

Tabela 4.15. Ganhos solares brutos (Qsol) para cada mês da estação de aquecimento

	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Maio</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
Ae (m ²)	11,92							
Gsol (kWh/m ²)	84,12	117,19	158,04	214,59	261,56	142,05	98,16	77,80
Qsol (kWh)	1002,71	1396,90	1883,84	2557,91	3117,80	1693,24	1170,07	927,38

Pela análise da tabela 4.15 verifica-se que os meses em que os ganhos solares pelos vãos envidraçados são mais significativos são os meses de Abril e Maio.

Terminados os cálculos dos parâmetros referentes aos ganhos térmicos brutos (Qg), definidos pela expressão (9), tem-se os ganhos térmicos brutos (Qg) mensais apresentados na Tabela 4.16.

Tabela 4.16. Ganhos térmicos brutos (Qg) durante os meses da estação de aquecimento

	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Maio</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
Qint (kWh)	842,95	842,95	842,95	842,95	842,95	842,95	842,95	842,95
Qsol (kWh)	1002,71	1396,90	1883,84	2557,91	3117,80	1693,24	1170,07	927,38
Qg (kWh)	1845,66	2239,85	2726,78	3400,86	3960,74	2536,18	2013,01	1770,32

Pela análise da Tabela 4.16 verifica-se que os meses com mais ganhos térmicos brutos (Qg) são Abril e Maio, meses em que os ganhos solares pelos vãos envidraçados são mais significativos, o que significa que os vãos envidraçados são uma componente importante no que respeita aos ganhos térmicos na estação de aquecimento.

4.4.3.2. Fator de utilização dos ganhos térmicos (η_i)

Relativamente ao fator de utilização dos ganhos térmicos (η_i), definido na expressão (8) este é calculado com base na relação entre os ganhos totais e as perdas, determinada pelo fator γ que é calculado pela seguinte expressão:

$$\gamma = Qg / (Q_{tr} + Q_{ve}) \quad (14)$$

Para os meses da estação de aquecimento o valor do fator γ é dado pela Tabela 4.17.

Tabela 4.17. Valores utilizados no cálculo do fator γ e do fator de utilização dos ganhos térmicos η_i .

	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Mai</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
Qtr (kWh)	7692,19	7398,48	5891,77	4185,33	3342,39	2100,01	6300,02	8778,91
Qve (kWh)	800,66	770,09	613,26	435,64	347,90	218,58	655,75	913,77
Qg (kWh)	1845,66	2239,85	2726,78	3400,86	3960,74	2536,18	2013,01	1770,32
γ	0,22	0,27	0,42	0,74	1,07	1,09	0,29	0,18
η_i	0,999	0,997	0,985	0,909	0,778	0,770	0,996	0,999

Como $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$, o fator de utilização dos ganhos térmicos (η_i) é dado por:

$$\eta_i = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) \quad (15)$$

Onde a é o parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica, que para o caso de estudo foi definida como forte. Segundo o Despacho nº 15793 –K -2013 o valor de a para uma inércia térmica forte é de 4,2.

O fator de utilização dos ganhos úteis (η_i) encontra-se representado para cada mês de aquecimento na Tabela 4.17.

Relativamente aos ganhos térmicos úteis (Q_{gu}), dados pela expressão (8), estes encontram-se representados na tabela 4.18.

Tabela 4.18. Ganhos úteis na estação de aquecimento (Q_{gu})

	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Mai</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
Qg (kWh)	1845,6	2239,8	2726,7	3400,8	3960,7	2536,1	2013,0	1770,3
η_i	0,999	0,997	0,985	0,909	0,778	0,770	0,996	0,999
Qgu (kWh)	1843,28	2232,72	2685,24	3089,95	3081,88	1952,47	2005,17	1769,18

Pela análise da tabela 4.18 observa-se que os meses em que se verifica maiores ganhos térmicos úteis (Q_{gu}) são Abril e Maio, meses em que os ganhos solares pelos vãos envidraçados são mais significativos. Os meses em que se verifica menores ganhos térmicos úteis (Q_{gu}) são Janeiro e Dezembro, meses em que a intensidade da radiação solar é mais baixa.

Finalmente, as necessidades de energia útil para aquecimento do edifício (N_{ic}), dadas pela expressão (3) encontram-se expressas na tabela 4.19.

Tabela 4.19. Necessidades mensais de energia útil para aquecimento (Nic)

	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Maio</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
Q_{tr} (kWh)	7692,19	7398,48	5891,77	4185,33	3342,39	2100,01	6300,02	8778,91
Q_v (kWh)	800,66	770,09	613,26	435,64	347,90	218,58	655,75	913,77
Q_{gu} (kWh)	1843,28	2232,72	2685,24	3089,95	3081,88	1952,47	2005,17	1769,18
Nic (kWh/m ²)	22,72	20,25	13,05	5,23	2,08	1,25	16,91	27,07
Nic (kWh)	6649,57	5926,13	3819,79	1531,01	608,41	366,12	4950,60	7923,50

Através da análise da tabela anterior verifica-se que os meses com maiores necessidades de energia útil para aquecimento são Janeiro e Dezembro. Os meses em que se verificam menores necessidades de energia útil para aquecimento são de Maio e Outubro.

As necessidades de energia útil (Nic) calculadas representam a energia útil necessária para satisfazer as necessidades de aquecimento de todo o edifício, assumindo que todo ele é aquecido invariavelmente. Contudo a satisfação das necessidades de aquecimento pode ser realizado com recurso a variados equipamentos.

Neste caso a eficiência energética do edifício depende do tipo de equipamento instalado para aquecer o edifício e do tipo de energia final utilizada.

Seguidamente apresentam-se os cálculos das necessidades de energia final para o aquecimento do edifício.

4.5. Cálculo das Necessidades de Energia Final para Aquecimento (Nf)

A energia final (Nf) utilizada pelos equipamentos de climatização depende não só do seu rendimento, como da percentagem do volume total do edifício que este aquece. Com base neste pressuposto calculou-se de seguida a energia final (Nf), na forma de eletricidade, necessária para o aquecimento do edifício.

O edifício é aquecido com recurso a os dois equipamentos instalados (Tipo I e Tipo II) que aquecem percentagens diferentes de volume do edifício e cujas características são distintas. Os equipamentos do tipo I aquecem cerca de 13% do volume total do edifício e apresentam um COP⁴ de 4,05. Os equipamentos do tipo II aquecem cerca de 49% do volume do edifício e apresentam um COP de 3,30. Os valores de COP correspondem à eficiência nominal do equipamento relativo à produção de calor.

Contudo é premente ter em conta que as necessidades de energia são proporcionais à taxa de ocupação do edifício. Considerando que a taxa de ocupação do edifício no ano de

⁴ “Coefficient of Performance”

2013 não foi de 100%, portanto a energia final necessária (Nf) é ainda afetada pela taxa de ocupação verificada no ano de 2013.

A energia final (Nf), em forma de eletricidade, necessária para o aquecimento do edifício é dada pela expressão:

$$Nf = [(Nic / 4,05) \cdot 0,13 + (Nic / 3,30) \cdot 0,49] \cdot T.ocupação \text{ [kWh.mês]} \quad (16)$$

Onde,

Nic – Necessidades de energia útil para aquecimento [kWh];

T.ocupação – Taxa de ocupação mensal verificada no ano de 2013.

Na tabela 4.20 são apresentadas as necessidades de energia final tendo em conta a taxa de ocupação verificada no ano de 2013.

Tabela 4.20. Energia de climatização necessária ajustada à taxa de ocupação verificada no ano de 2013.

<i>MÊS</i>	Nic (kWh)	<i>Taxa ocupação</i>	Nf (kWh)
Janeiro	6649,57	0,57	689,88
Fevereiro	5926,13	0,47	502,16
Março	3819,79	0,51	350,82
Abril	1531,01	0,20	56,50
Mai	608,41	0,29	32,08
Outubro	366,12	0,30	19,93
Novembro	4950,60	0,17	147,91
Dezembro	7923,50	0,18	256,05
TOTAL			2055,34

Através da análise da tabela 4.20 verifica-se que os meses cujas necessidades de energia final são maiores são Janeiro e Fevereiro. A energia final necessária para suprir as necessidades de aquecimento do edifício no ano de 2013 foram de aproximadamente 2055 kWh, admitindo uma temperatura interior de 18°C.

Seguidamente são apresentados os cálculos referentes às necessidades de energia útil para arrefecimento.

4.6. Cálculo das Necessidades de Energia Útil para Arrefecimento (Nvc)

Na estação de arrefecimento pode haver necessidade de recorrer à climatização para satisfazer as condições de conforto dos ocupantes.

A energia utilizada para arrefecer o edifício é denominada de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e é calculada tendo em conta os ganhos e as perdas de calor devidas às características da envolvente do edifício e à renovação do ar:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot Q_g / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (17)$$

Onde,

η_v – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

Q_g – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento [kWh];

A_p – Área interior útil de pavimento [m²];

O fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento (η_v), definido na expressão (17) é calculado em função da transferência de calor que ocorre por transmissão (Q_{tr}), a transferência de calor devido à renovação do ar (Q_{ve}) bem como os ganhos térmicos na estação de arrefecimento (Q_g). De seguida serão apresentados os cálculos dos parâmetros mencionados, baseados numa temperatura interior de conforto de 25°C.

4.6.1. Transferência de calor por transmissão (Q_{tr})

A transferência de calor por transmissão (Q_{tr}) que ocorre na envolvente opaca durante a estação de arrefecimento, devido à diferença de temperaturas interna e externa, calcula-se pela expressão:

$$Q_{tr} = H_{tr} \cdot (\theta_{ref} - \theta_{ext}) \cdot L_v / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (18)$$

Onde,

H_{tr} – Coeficiente global de transferência de calor [W/°C];

θ_{ref} – Temperatura de referência na estação de arrefecimento (25°C);

θ_{ext} – Temperatura média do ar exterior [°C];

L_v – Duração das horas de arrefecimento (Dias do mês x 24h).

Relativamente ao coeficiente global de transferência (H_{tr}), definido na expressão anterior, é dado por:

$$H_{tr} = H_{ext} + H_{ecs} \quad [\text{W/°C}] \quad (19)$$

Onde,

H_{ext} – coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior (apresentado na Tabela 4.8)

H_{ecs} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo (apresentado na Tabela 4.10)

Tendo em conta a expressão (19), o coeficiente global de transferência (Htr) é:

$$H_{tr} = 1006,80 + 97,82 = 1104,62 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

No que diz respeito à variação da temperatura média do ar exterior (θ_{ext}) para a localidade de Constância, esta encontra-se representada na Tabela 4.21, assim como os respetivos valores da transferência de calor (Qtr) de cada mês de arrefecimento. Segundo o Despacho nº 15793 – F/2013, a temperatura de referência (θ_{ref}), correspondente à temperatura interior de conforto, é de 25°C.

Tabela 4.21. Temperatura média exterior nos meses de verão, na zona climática de Constância, no ano de 2013. Valores da transferência de calor (Qtr) correspondente aos meses de arrefecimento

	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>
Número de Dias	30	31	31	30
<i>Lv</i> (horas)	720	744	744	720
<i>Htr</i> W/°C)	1104,62			
<i>θext</i> (°C)	20,8	23,5	23,5	21,6
<i>θref</i> (°C)	25	25	25	25
<i>θref-θext</i>	4,2	1,5	1,5	3,4
Qtr (kWh)	3340,37	1232,76	1232,76	2704,11

Pela análise da tabela anterior verifica-se que na estação de arrefecimento as maiores perdas por transmissão na envolvente opaca ocorrem nos meses de Junho e Setembro, meses em que a diferença entre a temperatura exterior e interior é maior.

4.6.2. Transferência de calor por renovação do ar (Qve)

A transferência de calor correspondente à renovação do ar interior (Qve) é dada pela expressão:

$$Q_{ve} = H_{ve} \cdot (\theta_{ref} - \theta_{ext}) \cdot L_v / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (20)$$

Onde,

H_{ve} – Coeficiente de transferência de calor pela renovação do ar na estação de arrefecimento [W/°C];

L_v - Duração das horas de arrefecimento (Dias do mês x 24h).

Relativamente ao coeficiente de transferência de calor pela renovação do ar (H_{ve}), este é calculado com recurso à seguinte expressão:

$$Hve = 0,34 \cdot Rph \cdot Ap \cdot Pd \quad [W/^{\circ}C] \quad (21)$$

Onde,

Rph – Taxa nominal de renovação do ar interior [h^{-1}];

Ap – Área útil de pavimento interior ($Ap = 292,69 m^2$);

Pd – Pé direito médio da fração ($Pd = 3,2 m$).

Segundo o Despacho nº 15793/2013, a taxa nominal de renovação do ar interior para a estação de arrefecimento é de $0,6 h^{-1}$. Assim o coeficiente de transferência de calor devido à renovação do ar (Hve), dada pela expressão (21), é de:

$$Hve = 0,34 \cdot 0,6 \cdot 292,69 \cdot 3,2 = 191,07 W/^{\circ}C$$

Assim, a transferência de calor devido à renovação do ar (Qve), definida pela expressão (20), é definida pela Tabela 4.22 para cada mês da estação de arrefecimento.

Tabela 4.22. Valores da Transferência de calor por renovação do ar (Qve) para os meses de arrefecimento

	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>
Número de Dias	30	31	31	30
Lv (horas)	720	744	744	720
Hve (W/°C)	191,07			
$\theta_{ref}-\theta_{ext}$	4,2	1,5	1,5	3,4
Qve (kWh)	577,80	213,23	213,23	467,74

Através da análise da tabela conclui-se que os meses em que se verificam maiores perdas devido à renovação do ar são Junho e Setembro.

4.6.3. Ganhos térmicos brutos (Qg)

Os ganhos térmicos brutos (Qg) é o último parâmetro necessário para o cálculo do fator de utilização dos ganhos térmicos (η_v) na estação de arrefecimento. Os ganhos térmicos brutos (Qg) são calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$Qg = Q_{int} + Q_{sol} \quad [kWh] \quad (22)$$

Onde,

Qint – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor [kWh];

Qsol – Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada [kWh].

De seguida serão apresentados os cálculos referentes aos ganhos térmicos associados a fontes internas de calor (Q_{int}) e aos ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente (Q_{sol}).

4.6.3.1. Ganhos térmicos internos (Q_{int})

Os ganhos térmicos internos devido à ocupação humana, funcionamento de equipamentos e iluminação, são calculados pela seguinte expressão:

$$Q_{int} = q_{int} \cdot A_p \cdot L_v \cdot /1000 \quad [\text{kWh}] \quad (23)$$

Onde,

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície ($q_{int} = 4 \text{ W/m}^2$);

A_p – Área útil de pavimento interior, ($A_p = 292,69 \text{ m}^2$);

L_v – Duração das horas de arrefecimento (Dias do mês x 24h).

Os ganhos térmicos internos (Q_{int}) para cada mês de arrefecimento são apresentados na Tabela 4.23.

Tabela 4.23. Ganhos internos brutos (Q_{int}) para cada mês da estação de arrefecimento

	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>
Número de Dias	30	31	31	30
L_v (horas)	720	744	744	720
Q_{int} (kWh)	842,95	871,05	871,05	842,95

Os ganhos internos brutos (Q_{int}) são equivalentes em todos os meses de arrefecimento, pois estes dependem apenas da área útil de pavimento do edifício, do número de horas de cada mês e dos ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície definidos no REH.

4.6.3.2. Ganhos solares (Q_{sol})

No que respeita aos ganhos solares (Q_{sol}) na estação de arrefecimento, estes dizem respeito a todos os ganhos possíveis através da envolvente do edifício. Para efeitos de cálculo considerou-se três tipos de ganhos solares através da envolvente: ganhos solares pelos dos vãos envidraçados, ganhos solares através da envolvente opaca e ganhos solares através da cobertura.

Os ganhos solares pela envolvente (Q_{sol}) são dados pela expressão:

$$Q_{sol} = \Sigma [I_{sol} \cdot \Sigma (F_{sv} \cdot A_{sv})] \quad [\text{kWh}] \quad (24)$$

Onde:

Isol – Radiação solar média incidente numa superfície na estação de arrefecimento [kWh/m²];

Asv – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície de elemento [m²];

Fsv – Fator de obstrução da superfície do elemento.

Seguidamente serão apresentados os cálculos referentes a cada tipo de ganhos solares pela envolvente.

Ganhos solares pelos dos vãos envidraçados (Qsol):

Para calcular os ganhos solares pelos vãos envidraçados é necessário proceder ao cálculo da área efetiva do vão coletora de radiação solar (Asv), que é definida pela expressão:

$$Asv = A \cdot Fg \cdot gv \quad [m^2] \quad (25)$$

Onde,

A – Área total do vão envidraçado [m²];

Fg – Fração envidraçada do vão envidraçado;

gv – Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento;

Por sua vez, o fator solar do vão envidraçado (gv) utilizado no cálculo da área efetiva coletora de radiação (Asv), é calculado segundo a expressão:

$$gv = F_{mv} \cdot g_T + (1 - F_{mv}) \cdot g_{TP} \quad (26)$$

Onde,

F_{mv} – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis de encontram totalmente ativados;

g_T – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados;

g_{TP} - Fator solar global de envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar existentes.

De acordo com o Despacho nº15793-K/2013 o valor de F_{mv} para as orientações de NE/NO é de 0,4 e para as orientações SE/SO é de 0,7. Os valores de g_T e g_{TP} atribuídos de acordo com regras de simplificação foram 0,04 e 0,64 respetivamente. O valor da fração envidraçada (Fg) foi definido de acordo com Despacho nº 15793 –E/2013, tendo em conta o tipo de caixilharia utilizada, assumindo um valor de 0,70.

Os valores utilizados no cálculo da área efetiva coletora de radiação (A_{sv}) estão representados na Tabela 4.24.

Tabela 4.24. Área efetiva coletora de radiação solar (A_{sv}) dos vãos envidraçados

Designação do Envidraçado	Orientação	Área (A)	Fração Envidraçada F_g	Fator Solar do Vão Envidraçado g_v	Área Efetiva (A_{sv})
		m ²			m ²
Refeitório	Sudeste	7,59	0,70	0,22	1,16
Refeitório	Sudoeste	3,22	0,70	0,22	0,49
Sala comum	Sudoeste	3,22	0,70	0,22	0,49
Hall escadas 0	Sudoeste	4,06	0,70	0,22	0,62
Quarto 1	Sudoeste	4,18	0,70	0,22	0,64
Quarto 2	Sudoeste	4,18	0,70	0,22	0,64
Quarto 2	Sudeste	3,19	0,70	0,22	0,49
Quarto 3	Sudeste	3,19	0,70	0,22	0,49
Quarto 3	Nordeste	2,28	0,70	0,40	0,64
Quarto 4	Sudoeste	4,18	0,70	0,22	0,64
Quarto 5	Sudoeste	4,18	0,70	0,22	0,64
Quarto 5	Sudeste	3,19	0,70	0,22	0,49
Quarto 6	Sudeste	3,19	0,70	0,22	0,49
Quarto 6	Nordeste	2,28	0,70	0,40	0,64
Hall escadas 3	Noroeste	2,00	0,70	0,40	0,56
Quarto suite	Sudoeste	0,88	0,70	0,22	0,14
Quarto suite	Sudeste	0,70	0,70	0,22	0,11
TOTAL					9,37

O valor do fator de obstrução da superfície (F_{sv}), definido na expressão (24), para os vãos envidraçados foi definido de acordo com a expressão:

$$F_{sv} = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (27)$$

Onde,

F_h – Fator de sombreamento do horizonte por obstrução exteriores ao edifício, e é dado pelo Despacho nº 15793-K-2013;

F_o – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, palas e varandas, e é dado pelo Despacho nº 15793-K-2013;

F_f – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, e é dado pelo Despacho nº 15793-K-2013.

O valor de F_{sv} é ainda afetado do fator F_w que assume valores tendo em conta a orientação dos vãos envidraçados, para os vãos orientados a SO/SE e NO/NE o valor de F_w é de 0,85.

Relativamente aos valores da intensidade da radiação (I_{sol}), de acordo com o Despacho nº 15793 – F/2013 para os vãos envidraçados orientados a SE/SO é de 495 kWh/m².ano e para os vãos orientados a NE/NO é de 360 kWh/m².

Na Tabela 4.25 são apresentados os ganhos solares brutos (Q_{sol}) relativos aos vãos envidraçados.

Tabela 4.25. Ganhos solares brutos (Q_{sol}) devidos aos vãos envidraçados existentes no edifício

Designação do Envidraçado	Orientação	Área Efetiva (A_{sv})	Fator de Obstrução F_{sv}	Intensidade da Radiação I_{sol}	Q_{sol}
		m ²		kWh/m ²	kWh
Refeitório	Sudeste	1,16	0,90	495,00	518,95
Refeitório	Sudoeste	0,49	0,71	495,00	174,73
Sala comum	Sudoeste	0,49	0,71	495,00	174,73
Hall escadas 0	Sudoeste	0,62	0,71	495,00	220,31
Quarto 1	Sudoeste	0,64	0,71	495,00	226,83
Quarto 2	Sudoeste	0,64	0,71	495,00	226,83
Quarto 2	Sudeste	0,49	0,90	495,00	218,11
Quarto 3	Sudeste	0,49	0,90	495,00	218,11
Quarto 3	Nordeste	0,64	0,80	360,00	183,17
Quarto 4	Sudoeste	0,64	0,80	495,00	254,04
Quarto 5	Sudoeste	0,64	0,80	495,00	254,04
Quarto 5	Sudeste	0,49	0,90	495,00	218,11
Quarto 6	Sudeste	0,49	0,90	495,00	218,11
Quarto 6	Nordeste	0,64	0,80	360,00	183,17
Hall escadas 3	Noroeste	0,56	0,90	360,00	180,76
Quarto suite	Sudoeste	0,14	0,90	495,00	60,17
Quarto suite	Sudeste	0,11	0,90	495,00	47,86
TOTAL					3578,04

Ganhos solares pela envolvente opaca (Q_{sol}):

Os ganhos solares brutos (Q_{sol}) pela envolvente opaca são dados pela expressão (24). Um dos parâmetros utilizados para o cálculo dos ganhos solares é a área efetiva coletora de radiação solar (A_{sv}), à semelhança dos cálculos efetuados para os ganhos solares (Q_{sol}) pelos vãos envidraçados.

A área efetiva coletora de radiação solar (A_{sv}), relativa à envolvente opaca é dada por:

$$A_{sv} = a \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se} \quad [m^2] \quad (28)$$

Onde,

U – Coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente opaca [W/m²];

a – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;

A_{op} – Área do elemento da envolvente opaca exterior [m²];

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior (R_{se}= 0,04 W/ m².°C)

Na Tabela 4.26 é apresentada a área efetiva da envolvente opaca, calculada de acordo com a expressão (28).

Tabela 4.26. Área efetiva coletora de radiação solar (A_{sv}) da envolvente opaca na estação de arrefecimento

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área (A _{op})	U	R _{se}	Área Efetiva (Asv)
			m²	W/m².°C	(m².°C)/W	m²
Refeitório	Sudeste	0,40	10,23	1,40	0,04	0,23
Refeitório	Sudoeste	0,40	7,55	1,40		0,17
Sala comum	Sudoeste	0,40	3,98	1,40		0,09
Hall escadas 0	Sudoeste	0,40	4,22	1,40		0,09
Lavandaria	Sudoeste	0,40	2,49	1,40		0,06
Quarto 2	Sudeste	0,40	4,46	1,40		0,10
Quarto 2	Sudoeste	0,40	12,11	1,40		0,27
Quarto 1	Sudoeste	0,40	14,51	1,40		0,33
Quarto 3	Nordeste	0,40	13,68	1,40		0,31
Quarto 3	Sudeste	0,40	7,28	1,40		0,16
Quarto 5	Sudeste	0,40	5,47	1,40		0,12
Quarto 5	Sudoeste	0,40	12,11	1,40		0,27
Quarto 4	Sudoeste	0,40	14,51	1,40		0,33
Quarto 6	Nordeste	0,40	14,28	1,40		0,32
Quarto 6	Sudeste	0,40	8,38	1,40		0,19
Quarto suite	Sudeste	0,40	22,37	1,40		0,50
Quarto suite	Sudoeste	0,40	7,40	1,40		0,17
Quarto suite	Noroeste	0,40	10,65	1,40		0,24
Hall escadas 3	Sudoeste	0,40	8,49	1,40		0,19
Hall escadas 3	Noroeste	0,40	15,97	1,40		0,36
Hall escadas 3	Nordeste	0,40	6,87	1,40		0,15
Arrumos 5	Nordeste	0,40	3,96	1,40		0,09
Quarto suite	Nordeste	0,40	5,61	1,40		0,13
TOTAL						4,87

Os ganhos solares brutos (Q_{sol}) pela envolvente opaca são então calculados através da expressão (24), e encontram-se representados na Tabela 4.27.

De acordo com o Despacho nº 15793 – F/2013 os valores da intensidade da radiação (I_{sol}) são para as envolventes orientadas a SE/SO de 495 kWh/m².ano. Para as envolvente orientadas a NE/NO, I_{sol} = 360 kWh/m².

Tabela 4.27. Ganhos solares pela envoltente opaca (Qsol) na estação de arrefecimento

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Área efetiva (Asv)	Fator de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação (I_{sol})	Qsol
		m ²		kWh/m ²	kWh
Refeitório	Sudeste	0,23	0,90	495,00	102,09
Refeitório	Sudoeste	0,17	0,90	495,00	75,34
Sala comum	Sudoeste	0,09	0,90	495,00	39,72
Hall escadas 0	Sudoeste	0,09	0,90	495,00	42,11
Lavandaria	Sudoeste	0,06	0,90	495,00	24,85
Quarto 2	Sudeste	0,10	0,90	495,00	44,51
Quarto 2	Sudoeste	0,27	0,90	495,00	120,85
Quarto 1	Sudoeste	0,33	0,90	495,00	144,80
Quarto 3	Nordeste	0,31	0,90	360,00	99,28
Quarto 3	Sudeste	0,16	0,90	495,00	72,65
Quarto 5	Sudeste	0,12	0,90	495,00	54,59
Quarto 5	Sudoeste	0,27	0,90	495,00	120,85
Quarto 4	Sudoeste	0,33	0,90	495,00	144,80
Quarto 6	Nordeste	0,32	0,90	360,00	103,64
Quarto 6	Sudeste	0,19	0,90	495,00	83,63
Quarto suite	Sudeste	0,50	0,90	495,00	223,23
Quarto suite	Sudoeste	0,17	0,90	495,00	73,85
Quarto suite	Noroeste	0,24	0,90	360,00	77,29
Hall escadas 3	Sudoeste	0,19	0,90	495,00	84,72
Hall escadas 3	Noroeste	0,36	0,90	360,00	115,90
Hall escadas 3	Nordeste	0,15	0,90	360,00	49,86
Arrumos 5	Nordeste	0,09	0,90	360,00	28,74
Quarto suite	Nordeste	0,13	0,90	360,00	40,72
				TOTAL	1968,01

Ganhos solares pela cobertura (Qsol):

Relativamente aos ganhos solares pela cobertura, estes são calculados através da expressão (24) à semelhança dos ganhos solares pelos vãos envidraçados e pela envoltente opaca.

A área efetiva de ganhos solares (Asv) pela cobertura do edifício é dada pela expressão (28) onde os valores do coeficiente térmico (U) para uma laje maciça sem isolamento são, para a cobertura horizontal de 1,40W/m².°C, e para a cobertura inclinada de 2,3W/m².°C.

De acordo com o Despacho nº 15793 – K/2013 o coeficiente de absorção (α) para uma cobertura de cor clara, no caso da cobertura horizontal, assume o valor de 0,4. Para a cobertura inclinada, que apresenta uma cor média, assume o valor de 0,5.

Na Tabela 4.28 está representada a área efetiva (Asv) das coberturas existentes no edifício.

Tabela. 4.28. Área efetiva de cobertura sujeita a ganhos solares (Asv) na estação de arrefecimento

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área (A_{op})	U	R_{se}	Área efetiva (A_{sv})
			m ²	W/m ² .°C	(m ² .°C)/W	m ²
Cobertura horizontal	Horizontal	0,40	23,42	1,40	0,04	0,52
Cobertura inclinada		0,50	118,06	2,30		5,43
					TOTAL	5,95

Relativamente ao fator de obstrução (Fsv), de acordo como Despacho nº 15793/2013, assume o valor 1 tendo em conta que a cobertura não está sujeita a qualquer tipo de sombreamento. A intensidade da radiação (Isol), segundo o Despacho nº 15793 – F/2013, para as coberturas (assumindo um ângulo de 0°) para a zona climática do Médio Tejo é de 835 kWh/m².

Os ganhos solares (Qsol) através da cobertura existente são apresentados na Tabela 4.29.

Tabela. 4.29. Ganhos solares pela cobertura na estação de arrefecimento (Qsol)

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Área efetiva (Asv)	Fator de Obstrução Fsv	Intensidade da Radiação (I _{sol})	Qsol
		m ²		kWh/m ²	kWh
Cobertura horizontal	Horizontal	0,52	1,00	835,00	438,05
Cobertura inclinada		5,43			4534,68
				TOTAL	4972,73

Calculados os ganhos solares brutos (Qsol) pelos vãos envidraçados, pela envolvente opaca e pela cobertura, os ganhos solares brutos totais são dados por:

$$Q_{sol} = 3578,04 + 1968,01 + 4972,73 = 10518,78 \text{ kWh}$$

Os ganhos solares brutos (Qsol) calculados dizem respeito aos ganhos solares no conjunto dos meses de arrefecimento, uma vez que se baseiam em parâmetros como a intensidade da radiação (Isol). Segundo o REH, os valores de (Isol) são atribuídos de acordo com a orientação da envolvente no conjunto dos 4 meses de arrefecimento, não fazendo distinção mensal.

Para efetuar o cálculo dos ganhos térmicos brutos (Qg) para cada mês da estação de arrefecimento atribuiu-se uma média do valor dos ganhos solares brutos ($Q_{sol_{mês}}$):

$$Q_{sol_{mês}} = 10518,78 / 4 = 2629,70 \text{ kWh}$$

Assim sendo, os ganhos térmicos brutos (Q_g), definidos na expressão (22), são representados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30. Ganhos térmicos brutos (Q_g) nos meses de arrefecimento

	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>
Q_{int} (kWh)	842,95	871,05	871,05	842,95
Q_{sol}_{mês} (kWh)	2629,70	2629,70	2629,70	2629,70
Q_g (kWh)	3472,64	3500,74	3500,74	3472,64

Pela análise da tabela verifica-se que os ganhos térmicos brutos (Q_g) são semelhantes ao longo dos 4 meses de arrefecimento. Isto deve-se ao facto de os ganhos internos (Q_{int}) não derivarem de variáveis independentes e dos ganhos solares (Q_{sol}) terem sido calculados com recurso ao valor médio dos 4 meses de arrefecimento.

Relativamente ao fator de utilização dos ganhos térmicos (η_v), definido pela expressão (17), este é calculado com base na relação entre os ganhos totais e as perdas, determinada pelo fator γ . O fator γ é calculado com recurso à expressão:

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve}) \quad (29)$$

Os valores calculados para o fator γ são apresentados na tabela 4.31.

Tabela 4.31. Fator de utilização dos ganhos térmicos (η_v) para cada mês de arrefecimento

	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>
Q_{tr} (kWh)	3340,37	1232,76	1232,76	2704,11
Q_{ve} (kWh)	577,80	213,23	213,23	467,74
Q_g (kWh)	3472,64	3500,74	3500,74	3472,64
γ	0,89	2,42	2,42	1,09
η_v	0,85	0,41	0,41	0,77

Como $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$, o fator de utilização dos ganhos térmicos (η_v) na estação de arrefecimento, é dado por:

$$\eta_v = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) \quad (30)$$

Onde a é o parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica. Para uma inércia térmica forte, o valor de a segundo o Despacho nº 15793 –K -2013, é de 4,2.

O fator de utilização dos ganhos térmicos (η_v) está representado na tabela 4.31.

Finalmente as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}), dadas pela expressão (17), encontram-se representadas na tabela 4.32.

Tabela 4.32. Necessidades de energia útil para arrefecimento (N_{vc})

	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>
Q_g (kWh)	3472,64	3500,74	3500,74	3472,64
η_v	0,85	0,41	0,41	0,77
N_{vc} (kWh/m ²)	1,74	7,09	7,09	2,74

As necessidades de energia útil (N_{vc}) calculadas representam a energia útil necessária para satisfazer as necessidades de arrefecimento de todo o edifício, assumindo que todo ele é arrefecido invariavelmente. Contudo a satisfação das necessidades de arrefecimento pode ser realizado com recurso a variados equipamentos e variadas fontes de energia.

Neste caso a eficiência energética do edifício depende do tipo de equipamento instalado para arrefecer o edifício e do tipo de energia final utilizada.

4.7. Cálculo das Necessidades de Energia Final para Arrefecimento (N_f)

A energia final (N_f) utilizada pelos equipamentos de climatização depende não só do seu rendimento, como da percentagem do volume total do edifício que este aquece e da taxa de ocupação verificada no ano de 2013. Com base neste pressuposto calculou-se de seguida a energia final (N_f), na forma de eletricidade, necessária para o arrefecimento do edifício.

O edifício em estudo é climatizado com recurso a dois equipamentos instalados (Tipo I e Tipo II), que arrefecem percentagens diferentes do volume do edifício e cujas características são distintas. Os equipamentos do tipo I, arrefecem cerca de 13% do volume total do edifício e apresentam um EER⁵ de 3,35. Relativamente aos equipamentos do tipo II, estes arrefecem cerca de 49% do volume do edifício e apresentam um EER de 2,55. Os valores de EER correspondem à eficiência nominal do equipamento relativo à produção de frio.

A energia final (N_f), na forma de eletricidade, necessária por mês para arrefecimento do edifício é dada pela expressão:

$$N_f = (N_{vc} / 3,35) \cdot 0,13 + (N_{vc} / 2,55) \cdot 0,49 \cdot T_{\text{ocupação}} \quad [\text{kWh}] \quad (31)$$

Onde,

N_{vc} – Valor das necessidades de energia útil para arrefecimento calculadas em kWh.

⁵ “Energy Efficiency Rating”

As necessidades de energia final (Nf) mensais para arrefecimento, dadas pela equação (31) são apresentadas na tabela 4.33.

Tabela 4.33. Energia final necessária (Nf) ajustada à taxa de ocupação verificada no ano de 2013

MÊS	Nvc(kWh)	Taxa ocupação	Nf (kwh)
Junho	510,18	0,22	26,38
Julho	2075,66	0,83	397,45
Agosto	2075,66	0,42	203,24
Setembro	800,62	0,26	48,60
TOTAL			675,67

Pela análise da tabela anterior verifica-se que os meses de arrefecimento cujas necessidades de energia final foram mais elevadas são Julho e Agosto, meses em que a temperatura exterior è mais elevada.

Seguidamente apresenta-se um quadro resumo, Tabela 4.34, das necessidades de energia final totais, para climatização e para produção de AQs (Nf +Qa), estimadas para o ano de 2013.

Tabela 4.34. Quadro resumo das necessidades de energia final total (Nf + Qa) estimadas

MÊS	Nf (kWh)	Qa (kWh)	Nf + Qa (kWh)
<i>Janeiro</i>	689,88	464,14	1154,02
<i>Fevereiro</i>	502,16	342,40	844,55
<i>Março</i>	350,82	410,87	761,69
<i>Abril</i>	56,50	159,78	216,29
<i>Mai</i>	32,08	235,87	267,95
<i>Junho</i>	26,38	175,00	201,38
<i>Julho</i>	397,45	669,57	1067,03
<i>Agosto</i>	203,24	342,39	545,64
<i>Setembro</i>	48,60	205,44	254,04
<i>Outubro</i>	19,93	243,48	263,41
<i>Novembro</i>	147,91	129,35	277,26
<i>Dezembro</i>	256,05	144,57	400,61
TOTAL ANUAL	2731,02	3522,86	6253,88

Pela análise da tabela pode-se concluir que os meses de 2013 que apresentaram maiores necessidades de energia final, tendo em conta a ocupação do edifício foram Janeiro e Julho, meses em que a taxa de ocupação foi mais elevada.

No ano de 2013 teriam sido necessários 6254 kWh de eletricidade para suprir as necessidades de climatização e produção de águas quentes sanitárias do edifício. Contudo os valores calculados são baseados em estimativas. A fim de estabelecer uma relação com o consumo real verificado pelo edifício no ano de 2013, foi realizada uma análise dos consumos com base nas faturas de eletricidade e água.

5. Análise dos Consumos

Neste capítulo será apresentada uma análise dos consumos de eletricidade e água, verificados no ano de 2013, baseada nas faturas disponibilizadas pelo proprietário do estabelecimento. Serão também feitas observações comparativas dos valores de consumo verificados com os valores estimados no capítulo anterior. De salientar que as faturas dizem respeito a um único contador instalado no Edifício A.

5.1. Análise do Consumo de Eletricidade

Com base nas faturas de eletricidade disponibilizadas pelo proprietário do estabelecimento em estudo foi efetuada uma análise dos perfis de consumo verificados no ano de 2013. Na tabela 5.1 são representados os consumos medidos no Edifício A ao longo dos meses de 2013.

Tabela 5.1. Consumo mensal verificado no ano de 2013

	<i>CONSUMO</i>			
<i>MÊS</i>	Vazio (kWh)	Ponta (kWh)	Cheias (kWh)	Total (kWh)
Janeiro	805,42	341,59	779,57	1926,58
Fevereiro	763,42	329,59	747,57	1840,58
Março	784,89	326,05	760,17	1871,11
Abril	659,13	460,26	377,24	1496,63
Mai	817,67	979,20	170,66	1967,53
Junho	588,00	494,57	84,00	1166,57
Julho	717,87	615,80	108,51	1442,19
Agosto	725,48	623,02	110,01	1458,51
Setembro	702,41	603,04	107,41	1412,85
Outubro	758,29	611,76	225,42	1595,47
Novembro	734,85	591,65	221,75	1548,25
Dezembro	759,34	611,37	229,14	1599,86
TOTAL	8816,77	6587,90	3921,45	19326,12

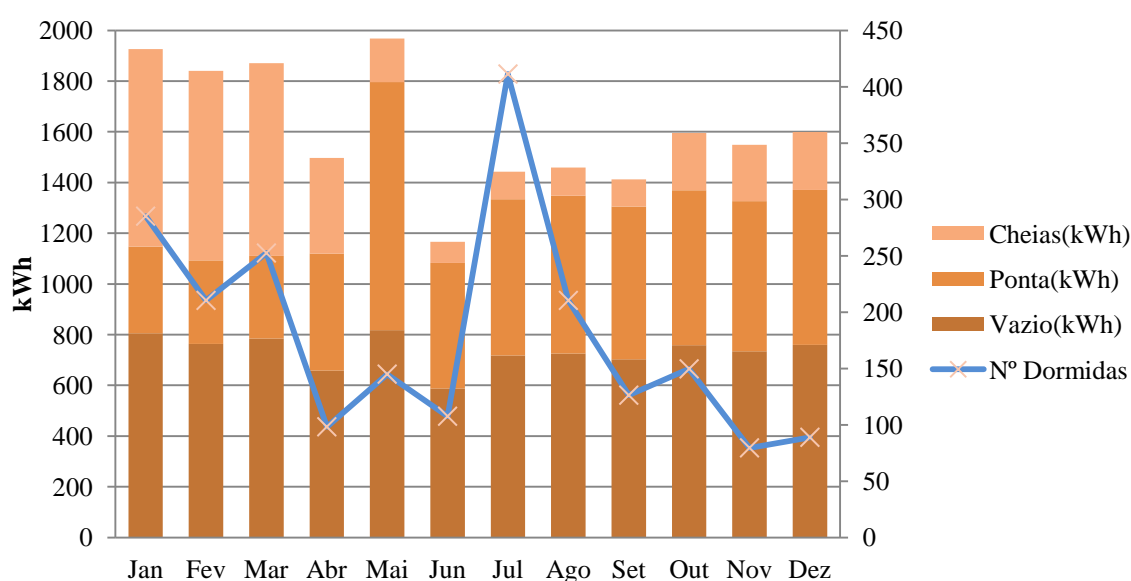
Pela análise da tabela anterior conclui-se que os meses cujo consumo de eletricidade foi mais elevado foram Janeiro, Fevereiro, Março e Maio. O mês em que o consumo de eletricidade foi mais baixo foi Junho. O facto de os meses de Verão apresentarem um consumo energético mais reduzido pode estar relacionado com o maior número de horas de luz, que faz com que seja necessária menos iluminação.

Tendo em conta que os consumos de eletricidade são debitados na fatura em três horários distintos, vazio, ponta e cheias, para o tarifário de eletricidade utilizado no edifício são definidos horários indicados na tabela 5.2.

Tabela 5.2. Horários de ponta, cheias e vazio, correspondentes ao tarifário. (Edp,2014)

<i>HORÁRIO</i>	<i>Inverno</i>	<i>Verão</i>
Ponta	Das 09:30 às 12:00 Das 18:30 às 21:00	Das 09:15 às 12:15
Cheia	Das 07:00 às 09:30 Das 12:00 às 18:30 Das 21:00 às 24:00	Das 07:00 às 09:15 Das 12:15 às 24:00
Vazio	Das 00:00 às 07:00	Das 00:00 às 07:00

O perfil de consumo de eletricidade mensal, distribuído pelos três horários, pode ser visualizado na figura 5.1.

**Figura 5.1. Perfil de consumo de eletricidade do edifício em estudo no ano de 2013**

Através da análise da figura 5.1 verifica-se o horário em que o consumo de eletricidade é mais elevado é no vazio, período da noite. No mês de Julho o número de dormidas foi o mais elevado do ano de 2013, contudo isso não correspondeu a um consumo mais elevado de eletricidade. O consumo verificado no horário de ponta, à semelhança do que acontece com o horário de vazio, é equivalente ao longo dos meses do ano de 2013, havendo apenas um consumo mais elevado no mês de Maio. O horário de cheias, à exceção dos meses de Janeiro, Fevereiro e Março, é o que apresenta menor consumo ao longo do ano. Sendo este o horário mais relacionado com a utilização de águas quentes sanitárias e equipamentos de climatização.

O consumo de eletricidade verificado, apesar de ser afetado pela ocupação do edifício, não acompanha a tendência de consumo. O consumo de eletricidade verificado pode assim estar relacionado com o perfil de utilização dos equipamentos de lavandaria e cozinha e com a utilização de iluminação exterior e iluminação interior em corredores e zonas de passagem.

Comparativamente com as necessidades de energia final calculadas ($N_f + Q_a$), estimou-se que só para climatização e produção de águas quentes seriam necessários cerca de 6254 kWh. Contudo o consumo real que se verificou foi de 19326 kWh. A variação entre a energia consumida e as necessidades de energia final calculadas é dada pela figura 5.2.

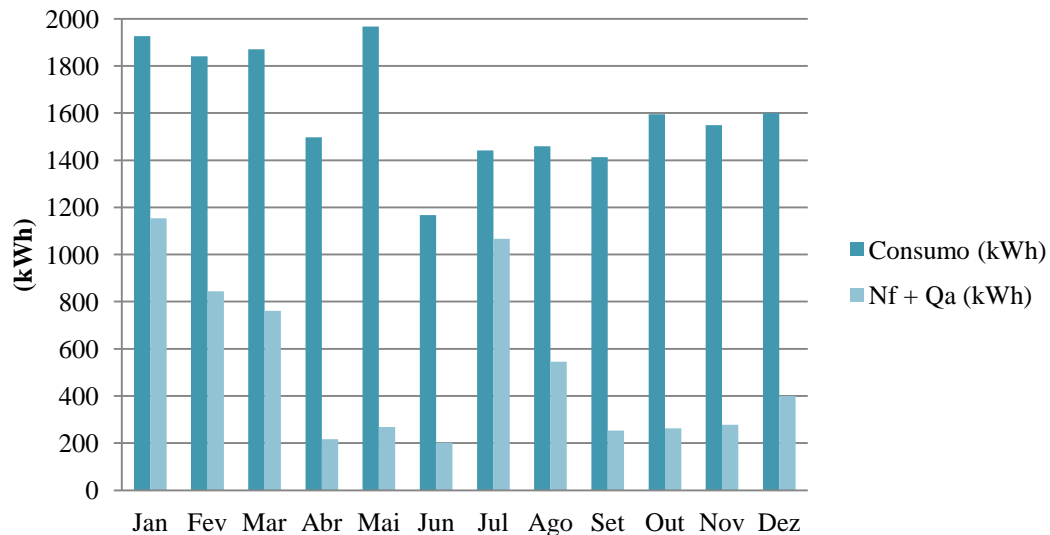


Figura 5.2. Relação entre o consumo de eletricidade verificado e as necessidades de energia final estimadas ($N_f + Q_a$)

Através da análise da figura anterior verifica-se que as necessidades de energia final estimadas acompanham a tendência do consumo energético do edifício. Verifica-se ainda que, da energia total consumida, apenas uma parte foi estimada como sendo a energia final necessária para climatização e produção de AQS ($N_f + Q_a$). A restante energia que foi consumida no ano de 2013 considerou-se que corresponde à energia despendida com iluminação e outros equipamentos elétricos como máquinas de lavar e televisores.

A energia que é então despendida com iluminação e outros equipamentos elétricos é dada pela diferença entre a energia total consumida no ano de 2013 e a energia final necessária estimada para climatização (N_f) e produção de AQS (Q_a):

$$E_{\text{outros}} = \text{consumo} - (N_f + Q_a) \quad [\text{kWh}] \quad (32)$$

Onde,

E_{outros} – Energia final utilizada em iluminação e outros equipamentos elétricos [kWh].

Os valores de energia final utilizada para iluminação e outros equipamentos elétricos (E_{outros}) apresentam a distribuição ao longo do ano de 2013 definida na tabela 5.3.

Tabela 5.3. Energia utilizada para iluminação e outros equipamentos elétricos (Eoutros)

MÊS	Nº Dormidas	Consumo (kWh)	Nf (kWh)	Qa (kWh)	E _{outros} (kWh)
Janeiro	285	1926	690	464	773
Fevereiro	210	1840	502	342	996,
Março	252	1871	351	411	1109
Abril	98	1497	56	160	1280
Mai	145	1967	32	236	1699
Junho	107	1166	26	175	965
Julho	411	1442	397	669	375
Agosto	210	1458	203	342	913
Setembro	126	1413	49	205	1159
Outubro	150	1595	20	243	1332
Novembro	79	1548	148	129	1271
Dezembro	89	1600	256	144	1199
TOTAL					13072

Relacionando a energia necessária estimada para climatização (Nf) a energia necessária estimada para produção de AQS (Qa) e a energia necessária para iluminação e outros equipamentos (Eoutros), obtém-se o perfil de utilização energética representado na Figura 5.3.

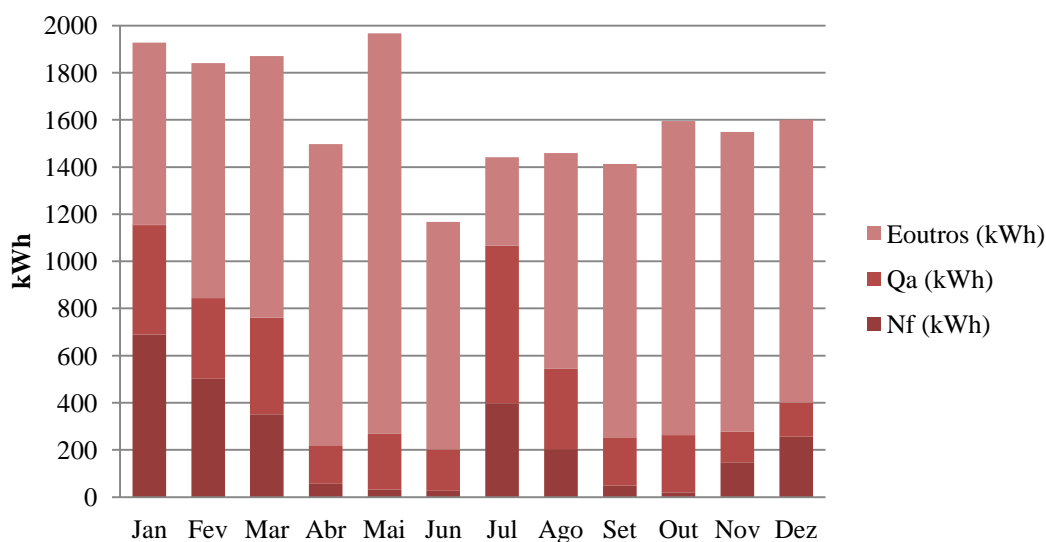


Figura 5.3. Relação entre a energia necessária para climatização (Nf), a energia necessária para aquecimento de água (Qa) e a energia que será utilizada para iluminação e outros equipamentos elétricos (Eoutros)

Pela análise da figura 5.3 verifica-se que, à exceção do mês de Julho, a maior parte da energia consumida é utilizada com outros serviços que não sejam climatização e produção de AQS.

Tendo em conta os valores obtidos para as necessidades de energia final para climatização (Nf), para produção de AQS (Qa) e para iluminação e outros equipamentos

elétricos (Eoutros), conclui-se que cerca de 14% da energia consumida diz respeito à climatização e 18% à produção de águas quentes sanitárias. A iluminação e utilização de outros equipamentos elétricos, consome cerca de 68% da energia total despendida no ano de 2013. A figura 5.4 representa as percentagens de energia utilizadas pelos três parâmetros.

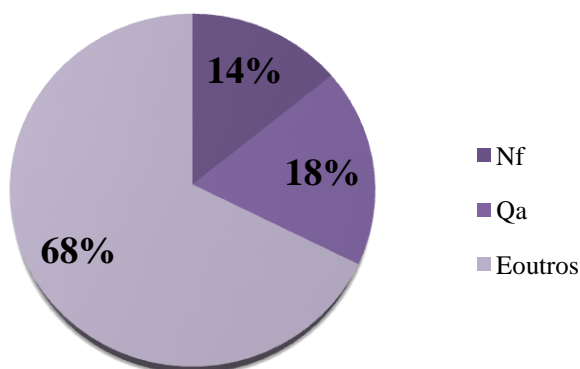


Figura 5.4. Percentagens de utilização de energia no estabelecimento em estudo.

Estudos indicam que um hotel de 3 estrelas utiliza em média cerca de 32% da energia em climatização, 30% em AQS e 38% noutros equipamentos (Lamarão,2002). Comparativamente com os valores obtidos para o edifício em estudo, este apresenta uma percentagem de necessidades de energia mais reduzidas no que respeita à climatização e produção de AQS. Este facto pode estar relacionado com a taxa de ocupação verificada no edifício de estudo no ano de 2013, uma vez que é desconhecida a taxa de ocupação dos hotéis de referência. Contudo a percentagem de energia utilizada para iluminação e outros equipamentos é significativamente mais elevada. Este facto pode dever-se à utilização permanente de iluminação nos corredores, à existência de equipamentos elétricos de refrigeração ligados em contínuo assim como outros equipamentos mantidos em “standby”. As máquinas utilizadas na lavandaria podem também ser uma fonte deste consumo elétrico elevado por serem equipamentos de baixa eficiência e por se desconhecer as práticas de utilização deste serviço.

Pode concluir-se que o Edifício A apresenta um consumo de energia mais baixo comparativamente com outros edifícios de categoria semelhante, no que respeita à climatização e à produção de AQS. Contudo, devido à elevada percentagem de consumo de eletricidade para iluminação e outros equipamentos (68%), ainda podem ser feitas algumas melhorias.

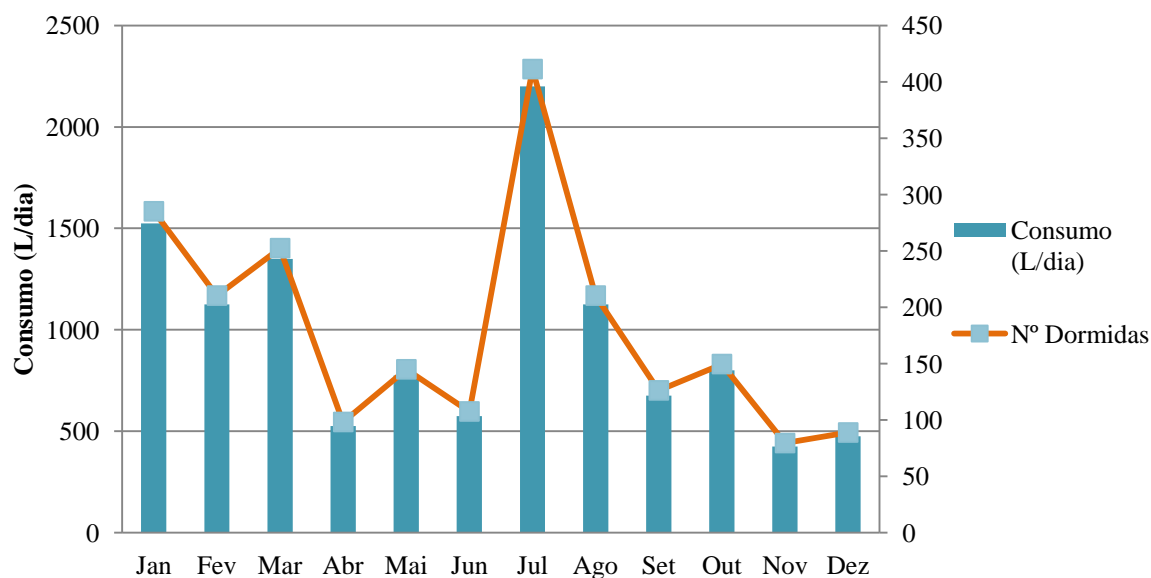
5.2. Análise do Consumo de Água

Com base nas faturas da água disponibilizadas pelo proprietário do edifício, foi realizada uma análise do consumo de água no ano de 2013. O perfil do consumo de água verificado encontra-se representado na tabela 5.4.

Tabela 5.4. Consumo de água verificado no edifício no ano de 2013

MÊS	Número de Dias	Consumo (m ³)	Consumo (L)	Consumo (L/Dia)
Janeiro	31	61	61000	1525
Fevereiro	28	45	45000	1125
Março	31	54	54000	1350
Abril	30	21	21000	525
Maio	31	31	31000	775
Junho	30	23	23000	575
Julho	31	88	88000	2200
Agosto	31	45	45000	1125
Setembro	30	27	27000	675
Outubro	31	32	32000	800
Novembro	30	17	17000	425
Dezembro	31	19	19000	475
TOTAL	365	463	463000	

Através da análise da tabela 5.4 verifica-se que os meses cujo consumo de água foi mais elevado foram Janeiro Março e Julho, meses que correspondem ao maior número de dormidas. Sendo que o número médio de dormidas foi obtido a partir do consumo de água mensal, justifica-se que os meses de maior ocupação correspondam aos meses de maior consumo de água. A figura 5.5 define a relação direta existente entre o número de dormidas e o consumo de água verificado no ano de 2013.

**Figura 5.5. Relação entre o número de dormidas e o consumo de água**

Considerando que o número de dormidas está diretamente relacionado com os consumos de água e eletricidade, foram estimados também os consumos nominais de eletricidade por dormida ($E_{DORMIDA}$) e por quarto (E_{QUARTO}). Para isso levou-se em conta o consumo de eletricidade verificado no ano de 2013, assim como, as estimativas das

necessidades de energia final para climatização (Nf), para produção de AQS (Qa) e para utilização da iluminação e outros equipamentos (Eoutros).

5.3. Análise do Consumo Nominal

Seguidamente serão apresentados os cálculos relacionados com a análise do consumo de eletricidade por dormida ($E_{DORMIDA}$) e por quarto (E_{QUARTO}).

5.3.1. Consumo Nominal associado à Eletricidade Efetiva

Com base no consumo elétrico verificado no ano de 2013 estimou-se um consumo nominal, por dormida, para todos os meses do ano. A estimativa do consumo de eletricidade por dormida ($E_{DORMIDA}$) é dado por:

$$E_{DORMIDA} = \text{Consumo} / \text{N}^{\circ} \text{ Dormidas} \quad [\text{kWh/dormida}] \quad (33)$$

Onde,

$E_{DORMIDA}$ – Consumo de eletricidade por dormida no ano de 2013 [kWh];

Consumo – Consumo de eletricidade verificado, tendo em conta as faturas disponibilizadas [kWh].

A estimativa do consumo de eletricidade por dormida ($E_{DORMIDA}$) ao longo dos meses do ano de 2013 encontra-se representada na tabela 5.5.

Tabela 5.5. Consumo de energia por dormida ($E_{DORMIDA}$)

MÊS	Nº Dormidas	Consumo (kWh)	$E_{DORMIDA}$ (kWh)
Janeiro	285	1926,5	6,7
Fevereiro	210	1840,5	8,7
Março	252	1871	7,4
Abril	98	1496,6	15,2
Mai	145	1967,5	13,5
Junho	107	1166,5	10,8
Julho	411	1442	3,5
Agosto	210	1458,5	6,9
Setembro	126	1412,8	11,1
Outubro	150	1595	10,6
Novembro	79	1548	29,4
Dezembro	89	1599,8	18,0

Através da análise da tabela 5.5 verifica-se que os meses que apresentam maior necessidade de energia por dormida são Novembro e Dezembro. Estes meses correspondem também aos meses com menor número de dormidas.

No ano de 2013 verificou-se um consumo real de 19326 kWh.ano. A energia média consumida por dormida, associada a este consumo de eletricidade, é de 11 kWh/dormida.ano. Comparativamente com outros estudos analisados na secção 2 deste trabalho, grande parte dos hotéis de 3 estrelas europeus, a categoria mais aproximada do edifício em estudo, apresenta um consumo médio entre os 10 e os 20 kWh/dormida.ano (Lamarão,2002).

O consumo médio de energia por dormida do edificio em estudo aproxima-se do valor mínimo do intervalo de consumos verificados em estabelecimentos de categorias equivalentes, pelo que se pode afirmar que o edifício em estudo apresenta um consumo médio por dormida eficiente.

Relativamente ao consumo médio verificado por quarto (E_{QUARTO}), tendo em conta que o Edifício A é constituído por 7 quarto, o consumo médio anual por quarto é de 2760,87 kWh/quarto.

5.3.2. Consumo Nominal Associado às Necessidades de Energia para Produção de Águas Quentes Sanitárias

No que respeita à energia média utilizada por dormida (E_{DORMIDA}) para aquecimento de águas sanitárias (Q_a) é dada pela razão entre a energia necessária para produção de AQS e o N° de dormidas:

$$E_{\text{DORMIDA}} = Q_a / \text{N}^\circ \text{ Dormidas} \quad [\text{kWh/dormida}] \quad (34)$$

A energia média utilizada por dormida (E_{DORMIDA}), para cada mês, associada à produção de águas quentes sanitárias, é apresentada na tabela 5.6.

Tabela 5.6. Consumo de energia de cada hóspede para produção de AQS.

MÊS	N° Dormidas	Q_a (kWh)	E_{DORMIDA} (kWh)
Janeiro	285	464,14	1,63
Fevereiro	210	342,40	1,63
Março	252	410,87	1,63
Abril	98	159,78	1,63
Mai	145	235,87	1,63
Junho	107	175,00	1,63
Julho	411	669,57	1,63
Agosto	210	342,39	1,63
Setembro	126	205,44	1,63
Outubro	150	243,48	1,63
Novembro	79	129,35	1,63
Dezembro	89	144,57	1,63
	TOTAL	3522,86	

Pela análise da tabela 5.6 verifica-se que o consumo de energia média por dormia, associado à produção de AQS é igual para todos os meses, pois foi utilizado um valor de referência de 40L por pessoa destinados a AQS.

Relativamente ao consumo médio por quarto (E_{QUARTO}), este é dado tendo em conta as necessidades anuais de energia para produção de AQS e o número de quartos do edifício (7 quartos). O consumo médio por quarto foi de cerca de 503 kWh/quarto.ano.

Estudos mencionados na secção 2 deste trabalho afirmam que um hotel de categoria semelhante ao estudado, consome em média para produção de AQS, entre 1500 e 2300 kWh/quarto.ano (Lamarão,2002). Verifica-se assim que o estabelecimento em estudo apresenta um consumo eficiente de energia para produção de AQS.

5.3.3. Consumo Nominal Associado às Necessidades de Energia para Climatização

A energia que seria utilizada por dormida (E_{DORMIDA}) tendo em conta as necessidades de energia final climatização, é dada por:

$$E_{\text{DORMIDA}} = N_f / N^{\circ} \text{ Dormidas} \quad [\text{kWh/dormida}] \quad (35)$$

Assim, a energia média utilizada por dormia (E_{DORMIDA}), para cada mês, associada às necessidades de energia final para climatização (N_f), é apresentada na tabela 5.7.

Tabela 5.7. Energia utilizada para cada hospede para aquecimento e arrefecimento do edificio.

MÊS	Nº Dormidas	Nf (kWh)	E_{DORMIDA} (kWh)
Janeiro	285	689,88	2,4
Fevereiro	210	502,16	2,3
Março	252	350,82	1,4
Abril	98	56,50	0,6
Maio	145	32,08	0,2
Junho	107	26,38	0,2
Julho	411	397,45	0,9
Agosto	210	203,24	0,9
Setembro	126	48,60	0,4
Outubro	150	19,93	0,1
Novembro	79	147,91	1,9
Dezembro	89	256,05	2,9
	TOTAL	2731,02	

Com base nos valores da tabela 5.7, em média cada por dormida foram consumidos, cerca de 1,2 kWh/ano. Tendo em conta que a energia total necessária para climatização (Nf) foi de 2731 kWh, isto traduz-se num consumo médio por quarto (E_{QUARTO}) de 390 kWh/quarto.ano.

5.3.4. Consumo Nominal Associado às Necessidades de Energia para Utilização de outros Equipamentos

Relativamente à energia que seria utilizada por dormida (E_{DORMIDA}) tendo em conta as a energia necessária para o funcionamento de outros equipamentos é dada por:

$$E_{\text{DORMIDA}} = E_{\text{outros}} / N^{\circ} \text{ Dormidas} \quad [\text{kWh/dormida}] \quad (36)$$

A energia média utilizada por dormia (E_{DORMIDA}), para cada mês, associada à utilização de iluminação e outros equipamentos elétricos é apresentada na tabela 5.8.

Tabela 5.8. Energia nominal utilizada por dormida para iluminação e outros equipamentos (E_{DORMIDA}).

MÊS	N ^a Dormidas	E_{outros} (kWh)	E_{DORMIDA} (kWh)
Janeiro	285	772,5572	2,71
Fevereiro	210	996,0246	4,73
Março	252	1109,413	4,39
Abril	98	1280,338	13,05
Mai	145	1699,578	11,73
Junho	107	965,1856	8,98
Julho	411	375,1608	0,91
Agosto	210	912,8743	4,34
Setembro	126	1158,809	9,18
Outubro	150	1332,062	8,91
Novembro	79	1270,987	15,99
Dezembro	89	1199,239	13,50
TOTAL		13072,23	

Assim por dormida foram necessários em média 8,2 kWh/dormida.ano. A energia total necessária, estimada, para utilização de iluminação e outros equipamentos foi de 13072 kWh, que se traduz num consumo de 1867 kWh/quarto.ano.

Calculados os consumos nominais associados às necessidades de energia para produção de AQS (Q_a), para climatização (Nf) e para utilização de outros equipamentos

(E_{outros}), procedeu-se à análise dos consumos nominais no conjunto dos três parâmetros. A figura 5.6 representa a relação dos consumos nominais em função da taxa de ocupação.

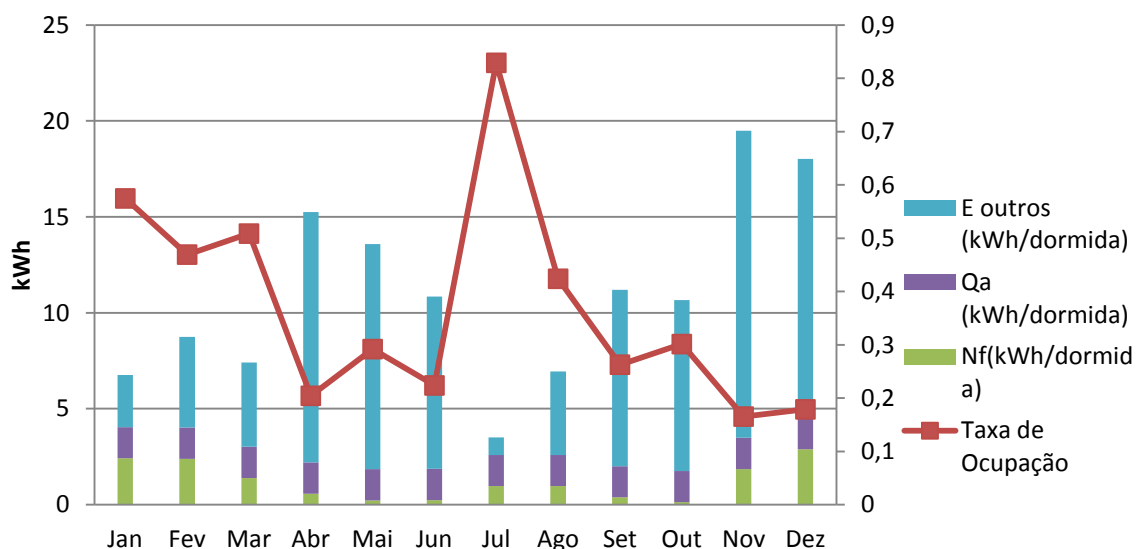


Figura 5.6. Relação entre as necessidades de energia por dormida (E_{DORMIDA}) e a taxa de ocupação

Pela análise da figura 5.6 verifica-se que o consumo nominal do hotel, no conjunto dos três parâmetros analisados se encontra entre os 2 e os 19 kWh/dormida. O maior consumo nominal verifica-se nos meses de Novembro e Dezembro, meses em que a taxa de ocupação é mais baixa. Desta análise conclui-se ainda que quanto menor for o número de pessoas hospedadas no edifício, maior a energia consumida por pessoa. Comprova-se mais uma vez que grande parte da energia que é consumida pelo edifício não está diretamente relacionada com a ocupação deste.

Em 2013 o consumo energético do edifício em estudo foi de 19326 kWh, com base na análise das faturas de eletricidade. Esta energia que foi consumida teve uma origem primária antes de sofrer as transformações que a converteram em energia final da forma de eletricidade. A energia primária que é utilizada decorrente do consumo de eletricidade também define a eficiência energética de um edifício.

Seguidamente serão apresentados os cálculos relativos ao consumo de energia primária (N_{tc}) decorrente do consumo de eletricidade.

5.4. Análise das Necessidades de Energia Primária (N_{tc})

Para produzir a eletricidade que foi consumida pelo edifício no ano de 2013 foram utilizados recursos energéticos, extraídos de reservas de gás, carvão, petróleo ou biomassa. A energia total disponível no recurso energético, antes de este ser sujeito a processos de transformação, é denominada de energia primária.

Foram então calculadas as necessidades de energia primária em kWh_{EP}, com a finalidade de analisar a eficiência energética do edifício.

A energia primária necessária para suprir as necessidades energéticas associadas ao ano de 2013 são dadas por:

$$E_{\text{primária}} = \text{Consumo} \cdot F_{\text{pu}} \quad [\text{kWh}_{\text{EP}}/\text{m}^2.\text{ano}] \quad (37)$$

Onde,

F_{pu} – Fator de conversão de energia útil em energia primária

De acordo com o Despacho nº 15793 – D/2013, o valor do fator de conversão de energia útil (F_{pu}), para eletricidade é de 2,5 kWh_{EP}/ kWh_u.

Assim, para o consumo de eletricidade verificado de 19326 kWh, a energia primária ($E_{\text{primária}}$) necessária, de acordo com a expressão (37) é de 48315 kWh_{EP}.ano, que se traduz em 165 kWh_{EP}/m².ano. O consumo mensal de energia primária é expresso pela tabela 5.9.

Tabela 5.9. Necessidades de energia primária ($E_{\text{primária}}$), tendo em conta o consumo efetivo

MÊS	Consumo (kWh)	Fpu	$E_{\text{primária}}$ (kWh_{EP})	$E_{\text{primária}}$ (kWh_{EP}/m²)
<i>Janeiro</i>	1926,57	2,5	4816,4	16,4
<i>Fevereiro</i>	1840,57	2,5	4601,4	15,7
<i>Março</i>	1871,10	2,5	4677,7	15,9
<i>Abril</i>	1496,62	2,5	3741,5	12,7
<i>Mai</i>	1967,52	2,5	4918,8	16,8
<i>Junho</i>	1166,57	2,5	2916,4	9,9
<i>Julho</i>	1442,18	2,5	3605,4	12,3
<i>Agosto</i>	1458,51	2,5	3646,2	12,4
<i>Setembro</i>	1412,85	2,5	3532,1	12,0
<i>Outubro</i>	1595,47	2,5	3988,6	13,6
<i>Novembro</i>	1548,24	2,5	3870,6	13,2
<i>Dezembro</i>	1599,85	2,5	3999,6	13,6
TOTAL			48315	165

Pela análise da tabela 5.9 verifica-se que os meses com maiores necessidades de energia primária foram Janeiro, Fevereiro, Março e Maio.

Relativamente às necessidades de energia primária para produção de AQS, estas foram calculadas de acordo com a expressão (37), e são de 47 kWh_{EP}/m². No total do edifício foram necessários 13654 kWh_{EP}, como mostra a tabela 5.10.

As necessidades de energia primária ($E_{\text{primária}}$) para climatização, tendo em conta as necessidades de energia final calculadas no capítulo anterior, são de 6828 kWh_{EP}.

No ano de 2013 estimou-se que foram necessários 32681 kWh_{EP} só para utilização de iluminação e outros equipamentos.

Assim, as necessidades globais de energia primária (Ntc) são dadas pelo somatório das necessidades de energia primária para produção de AQS, climatização e para a utilização de iluminação e outros equipamentos. Na tabela 5.10 são apresentados os valores mensais das necessidades globais de energia primária (Ntc), tendo em conta as necessidades para climatização (E_{climatização}), as necessidades de energia primária para preparação de AQS (E_{AQS}) e as necessidades de energia primária para a utilização de iluminação e outros equipamentos elétricos (E_{outros}).

As necessidades globais de energia primária (Ntc), calculadas para o ano de 2013, foram de 54979 kWh_{EP}, o que se traduz em 188 kWh_{EP}/m².ano. No total do ano de 2013 houve cerca de 2164 dormidas, o que significa um consumo por dormida, por m² de pavimento útil, de 0,09 kWh_{EP}/dormida.m².

Tabela 5.10. Necessidades globais de energia primária (E_{primária})

<i>MÊS</i>	E_{climatização} (kWh _{EP})	E_{AQS} (kWh _{EP})	E_{outros} (kWh _{EP})	Ntc (kWh _{EP})
Janeiro	1724,71	1289,2	1931,39	4945,37
Fevereiro	1255,39	951,0	2490,06	5034,72
Março	1255,39	1141,3	2773,53	4939,85
Abril	141,26	443,8	3200,84	4631,37
Maio	80,19	655,2	4248,94	5618,40
Junho	65,96	972,2	2412,96	3768,18
Julho	993,63	3719,8	937,90	3220,79
Agosto	508,10	1902,1	2282,18	4079,55
Setembro	121,51	1141,3	2897,02	4307,82
Outubro	49,81	676,3	3330,15	4669,23
Novembro	369,77	359,3	3177,46	4836,51
Dezembro	640,12	401,5	2998,09	4927,48
TOTAL	6827,56	13653,52	32680,57	54979,31

Através da análise das necessidades de energia primária (E_{primária}) verifica-se que as necessidades de energia primária são proporcionais às necessidades de energia útil. Isto significa que quanta mais eletricidade for consumida, mais energia primária é necessária.

6. Conclusões

Em primeira análise verificou-se, através da realização deste trabalho que, o edifício em estudo consumiu cerca de 19326 kWh, com base nas faturas de eletricidade, apenas no ano de 2013. Estudos apontam que, em média um hotel de 3 estrelas consome cerca de 9011 MWh/ano de eletricidade, sendo que cerca de 69% destes hotéis não atingem um consumo de 500 MWh/ano. Outro estudo realizado sobre o consumo energéticos de hotéis de pequenas e médias dimensões, revelou ainda que para a maioria dos hotéis, o consumo de energia está entre 200-400 kWh/m²/ano (Hotel Energy Solutions, 2011). O edifício em estudo apresentou um consumo de 66 kWh/m² no ano de 2013. Com base nesta análise pode-se afirmar que o edifício em estudo apresenta um consumo de eletricidade mais baixo comparativamente com outros estabelecimentos de categoria semelhante.

Verificou-se ainda que o consumo de eletricidade por quarto foi de cerca de 2761 kWh, no ano de 2013, que se traduz num consumo médio de 11 kWh/dormida.ano. Estudos apontam para um consumo por dormida entre 10 e 20 kWh/dormida.ano. No que respeita aos consumos por dormida, confirma-se o consumo dentro dos padrões verificados para outros estabelecimentos semelhantes.

Relativamente ao consumo de energia para AQS, estima-se que as necessidades do edifício foram de 3523 kWh o que se traduz num consumo por quarto, no ano de 2013, de 503kWh. Por dormida, estima-se que foram necessários cerca de 1,62 kWh para aquecimento de águas sanitárias. Estudos indicam que um hotel de categoria média consome para produção de AQS entre 1500 e 2300 kWh/quarto. A percentagem de energia consumida pelo edifício para produção de AQS, relativamente à energia total consumida no ano de 2013, foi de 18%, enquanto que outros estudos apontam para um consumo médio de 30%. Conclui-se com esta análise que, segundo as estimativas de consumo calculadas das necessidades de energia elétrica para produção de AQS, o edifício apresenta um consumo abaixo do estimado para outros edifícios semelhantes.

A estimativa calculada para o consumo do edifício no que respeita à climatização foi de 2731 kWh.ano, o que se traduz num consumo de 390 kWh/quarto.ano e uma média de consumo por dormida de 1,2 kWh/ ano. A energia utilizada para climatização corresponde a 14% da energia total consumida. Estudos indicam que hotéis de categoria média consomem cerca de 32% da energia total para climatização, pelo que se verifica que o edifício em estudo apresenta um consumo relativamente mais baixo de energia elétrica para climatização.

A energia que è utilizada em iluminação e outros equipamentos representa 67% do consumo total do hotel, o que se mostra muito acima dos valores apresentados para outros hotéis de categoria semelhante (38%). A energia utilizada para iluminação e outros equipamentos apresentou necessidades de consumo de 13072 kWh, o que se traduz num consumo de 1867 kWh/quarto.ano, com uma média de consumo por dormida de 8,2 kWh/ano.

No que respeita ao consumo de energia primária, tendo em conta as necessidades de energia verificadas no ano de 2013, o consumo foi de cerca de 54979 kWh_{EP} o que se traduz num consumo de 188 kWh_{EP}/m².ano e 0,09 kWh_{EP}/dormida.m².

Os consumos verificados apresentam proporcionalidade relativamente à taxa de ocupação verificada no ano de 2013, verificando-se que quanto mais elevada foi taxa de ocupação menor o consumo de energia por dormida.

Conclui-se que o edifício apresenta um consumo de eletricidade mais baixo comparativamente com outros hotéis estudados, pelo que se pode dizer que apresenta eficiência energética relativamente ao consumo de eletricidade, contudo apresenta consumos de eletricidade relativos a iluminação e utilização de outros equipamentos muito elevados. Este facto pode dever-se à utilização permanente de iluminação nos corredores, à existência de equipamentos elétricos de refrigeração ligados em contínuo assim como outros equipamentos mantidos em “standby”. Pode dever-se às máquinas utilizadas na lavandaria por serem equipamentos de baixa eficiência e por se desconhecer as práticas de utilização deste serviço. Este consumo pode ser melhorado com a aplicação de medidas como a instalação de controladores de iluminação automatizados para desligar as luzes nas áreas desocupadas, fazer um melhor aproveitamento da luz solar e utilizar equipamentos como máquinas de lavar e secar roupa, frigoríficos, entre outros, energeticamente mais eficientes (DSPA, 2055).

No âmbito geral, apesar da eficiência comprovada do edifício, existem algumas medidas que podem ser implementadas por forma a melhorar a eficiência energética, nomeadamente a instalação painéis fotovoltaicos para produção de eletricidade e sistemas solares térmicos para produção de águas quentes sanitárias, promovendo assim a utilização de energia renovável.

Este modelo simples e com informação de base escassa, permitiu ainda avaliar de forma razoável a evolução dos consumos mensais de energia do edifício em estudo. Num trabalho futuro, pretende-se utilizar o modelo desenvolvido para estudar a influência da melhoria das características térmicas da envolvente e dos sistemas do edifício estudado ou de estabelecimentos hoteleiros com categoria semelhante.

7. Referencias Bibliográficas

Dissertações, Livros, Artigos, Relatórios, Apontamentos e Revistas:

Aelenei D. (2013) - RCCTE “Light” - Guia prático de aplicação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

Afonso J. (2009) - Estudo do Comportamento térmico de edifícios Antigos. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Monte da Caparica. Portugal.

Comissão Europeia (1995) - «Rational use of energy in the hotel sector, (Thermie Programme Action – B-103)», Directorate-General for Energy (DG XVII), Valencia.

Comissão Europeia (2010) - Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões - Energia2020 – Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura. Bruxelas.

Custódio, M (2011) - Eficiência Energética em Edifícios Escolares. Dissertação obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Instituto Superior Técnico. Portugal.

ESTT (2013). Isolamento Térmico. Processos gerais de construção. Apresentação Curso especialização tecnológica. Instituto Politécnico de Tomar. Portugal.

Ganhão, A (2011) - Construção Sustentável - Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação. Dissertação obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil - Perfil de Construção. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

Garrido J (2008) - Sistemas energéticos para o sector edifícios em Portugal: Sustentabilidade e potencial de inovação. Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

Gomes R (2009) - Cidades Sustentáveis O contexto Europeu. Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

Graça F (2011) - Eficiência Energética em Edifícios de Serviços no Concelho de Almada. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

Grilo J (2012) - Avaliação do Potencial de Poupança de Energia na Habitação em Portugal. Dissertação para obtenção do grau de mestre em engenharia do ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

Hotel Energy Solutions (2011) - Analysis on energy use by European hotels: online survey and desk research. Madrid

Isolani, P et all (2008) - Manual do Consumidor: *Eficiência energética nos edifícios residenciais. EnerBuilding.eu*. Lisboa

Lamarão A (2002) - Utilização Racional de Energia em Unidades Hoteleiras, Casos Algarvios. Universidade Técnica de Lisboa. Portugal

Martins P.(2012) - Eficiência Energética em Edifícios de Serviços. Trabalho Final obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Rodrigues, M (2011) - Eficiência energética no Setor Residencial. Dissertação obtenção grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Portugal.

Sebastião, I (2010) - Aplicação da Pegada Ecológica ao Turismo. Como a Pegada Ecológica pode Influenciar a Gestão Ambiental. Dissertação obtenção Grau de Mestre em Gestão e Políticas Ambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

Turismo Portugal (2011) - Relatório de Sustentabilidade, Atuar para o desenvolvimento sustentável. Portugal

Normas e Decretos:

ITE-50 (2010). Santos C. - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. LNEC

ITE-54 (2010). Santos C. Rodrigues R. – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos Opacos da Envolvente dos Edifícios. LNEC.

REH (2013) - Despacho n.º 15793/2013, D.R. nº 234 Série II de 03 de Dezembro de 2013.

Sítios da Internet:

Boas Noticias (2013). Energia: Hotel Português è o mais eficiente da Europa. Disponível em: http://boasnoticias.sapo.pt/noticias_Energia-Hotel-portugu%C3%AAs-%C3%A9-o-mais-eficiente-da-Europa_17345.html?page=1

DGEG (2002) - Direção Geral de Energia - Eficiência Energética nos Edifícios. Ministério da Economia. Disponível em: <http://lge.deec.uc.pt/ensino/geei/Docs/ProgramaEffEdificios.pdf>

DSPA (2005) – Direção dos Serviços de Proteção Ambiental. - Hotel Verde. Capítulo 7 – Conservação de energia e poupança. Disponível em: <http://www.dspa.gov.mo/pt/05/ghotel/07.htm>

Edp (2011) - Guia Prático da Eficiência Energética. Disponível em: http://ws.cgd.pt/blog/pdf/guia_edp.pdf

Edp (2014) - Serviço universal. *Horários Baixa Tensão Normal*. Disponível em: <http://www.edpsu.pt/pt/tarifasehorarios/BTN/Pages/HorariosBTN.aspx>

RELACS (2013) - Renewable Energy for Tourist Accommodation Buildings. Disponível em: <http://www.relacs.eu/project.php>

Weather Underground (2013) - Estação Meteorológica de Montalvo, Constância, Santarém, Weather Hystory for IPORTUGA77. Disponível em: <http://www.wunderground.com/personal-weatherstation/dashboard?ID=IPORTUGA77#history>

ANEXOS

ANEXO I – Cálculos da análise dimensional

1. Cálculo da área dos vãos envidraçados:

Piso 0:

$$\text{Refeitório (SE): } (1,65 \text{ m} \times 2,30) + (1,65 \text{ m} \times 2,30) = 7,59 \text{ m}^2$$

$$\text{Refeitório (SO) : } 1,40 \text{ m} \times 2,30 \text{ m} = 3,22 \text{ m}^2$$

$$\text{Sala Comum (SO) : } 1,40 \text{ m} \times 2,30 = 3,22 \text{ m}^2$$

$$\text{Hall escadas 0 (SO) : } 1,40 \text{ m} \times 2,90 \text{ m} = 4,06 \text{ m}^2$$

Piso 1:

$$\text{Quarto 1 (SO) : } (1,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}) + (1,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}) = 4,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 2 (SO) : } (1,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}) + (1,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}) = 4,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 2 (SE) : } 2,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m} = 3,19 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 3 (SE) : } 2,90 \text{ m} \times 1,10 = 3,19 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto e (NE) : } 1,90 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 2,28 \text{ m}^2$$

Piso 2:

$$\text{Quarto 4 (SO) : } (1,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}) + (1,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}) = 4,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 5 (SO) : } (1,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}) + (1,90 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}) = 4,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 5 (SE) : } 2,90 \text{ m} \times 1,10 = 3,19 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 6 (SE) : } 2,90 \text{ m} \times 1,10 = 3,19 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 6 (NE) : } 1,90 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 2,28 \text{ m}^2$$

Piso 3:

$$\text{Quarto suite (SO): } 0,80 \text{ m} \times 1,10 \text{ m} = 0,88 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto suite (SE) : } 0,70 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,70 \text{ m}^2$$

$$\text{Hall escadas 3 (NO) : } 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 2 \text{ m}^2$$

2. Cálculo da área de pavimento útil:

Piso 0:

$$\text{Cozinha : } 2,90 \text{ m} \times 2,60 \text{ m} + 1,10 \times 1,70 = 9,41 \text{ m}^2$$

$$\text{Refeitório : } (5,94 \times 3,71)/2 + (7,08 \times 3,10)/2 + 2 \times (1,65 \times 0,80) + (1,40 \times 0,80) = 25,76 \text{ m}^2$$

$$\text{Sala Comum} + \text{Wc's: } (2,35 \times 2,53)/2 + (2,40 \times 3,04)/2 + (1,93 \times 1,47) + (1,51 \times 1,93) + (1,40 \times 0,80) + (1,60 \times 0,80) = 14,77 \text{ m}^2$$

$$\text{Hall escadas 0: } (9,16 \times 2,19)/2 + (2,76 \times 9,65)/2 + (1,40 \times 0,80) = 24,47 \text{ m}^2$$

$$\text{Lavandaria: } (1,47 \times 1,14) + (2,07 \times 1,50)/2 + (2,87 \times 1,80)/2 + ((3,03 + 3,97) \times 2,28)/2 + (7,09 \times 2,40)/2 + (1,40 \times 0,80) = 23,42 \text{ m}^2$$

Piso 1:

$$\text{Quarto 1: } (0,92 \times 2,23) + (2,88 \times 3,78)/2 + (2,96 \times 3,19)/2 + (1,10 \times 0,80) + (3,89 \times (1,25 + 0,60))/2 + (2,35 \times (2,88 + 1,76))/2 + (2,94 \times 1,55) = 26,70 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 2: } (2,40 \times 3,70)/2 + (3,06 \times 3,90)/2 + (1,72 \times 2,53) + (1,10 \times 0,80) + (1,10 \times 2,80) + (1,10 \times 0,80) + (1,10 \times 0,80) = 20,47 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 3: } (3,49 \times 3,65)/2 + (3,49 \times 3,46)/2 + (1,10 \times 2,80) + (1,10 \times 0,80) + (1,20 \times 0,50) + (1,56 \times 1,32)/2 + (2,14 \times 1,10)/2 = 19,17 \text{ m}^2$$

$$\text{Arrumos 1: } (1,54 \times 3,45)/2 + (1,19 \times 3,60)/2 = 4,79 \text{ m}^2$$

$$\text{Arrumos 2: } (1,32 \times 1,56)/2 + (2,14 \times 1,10)/2 = 2,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Hall escadas 1: } 3,88 \times 2,34 = 9 \text{ m}^2$$

Piso 2 (igual ao piso 1):

$$\text{Quarto 4: } 26,70 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 5: } 20,47 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 6: } 19,17 \text{ m}^2$$

$$\text{Arrumos 3: } 4,79 \text{ m}^2$$

$$\text{Arrumos 4: } 2,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Hall escadas 2: } 9 \text{ m}^2$$

Piso 3:

$$\text{Quarto suite: } (3,02 \times 1,87) + (4,67 \times 2,76)/2 + (5,40 \times 3,10)/2 = 20,47 \text{ m}^2$$

$$\text{Hall escadas 3: } 2,83 \times 2,40 = 6,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Arrumos 5: } 2,33 \times 1,28 = 2,98 \text{ m}^2$$

3. Cálculo da área da envolvente opaca total:

$$\text{Pé direito} = 3\text{m}$$

Piso 0:

$$\text{Parede SE: } 5,94 \times 3 - (2 \times (1,65 \times 2,30)) = 10,23 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede SO : } (3,59 \times 3 - (1,40 \times 2,30)) + (2,40 \times 3 - (1,40 \times 2,30)) + (2,76 \times 3 - (1,40 \times 2,90)) + (2,28 \times 3 - (1,50 \times 2,90)) = 18,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede NO : } 7,09 \times 3 + 2,87 \times 3 + 1,10 \times 3 = 33,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede NE : } (1,47 \times 3) + (2,19 \times 3) + (0,80 \times 3) + (2,60 \times 3) + (3,71 \times 3) = 32,31 \text{ m}^2$$

Piso 1:

$$\text{Parede SE : } (3,49 \times 3 - (2,90 \times 1,10)) + (2,55 \times 3 - (2,90 \times 1,10)) = 11,74 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede SO : } (3,71 \times 3 - (1,90 \times 1,10)) + (1,72 \times 3 - (1,90 \times 1,10)) + (((2,96 + 0,92) \times 3) - (1,90 \times 1,10)) + (2,35 \times 3 - (1,90 \times 1,10)) = 26,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede NO : } (2,88 + 1,76) \times 3 + (2,95 \times 3) + (3,45 \times 3) = 33,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede NE : } (1,19 \times 3) + (2,23 \times 3) + (1,32 \times 3) + (1,67 \times 3) + (3,65 \times 3) + (3,65 \times 3 - (1,90 \times 1,20)) = 27,9 \text{ m}^2$$

Piso 2:

$$\text{Parede SE : } (3,49 \times 3 - (1,90 \times 1,10)) + (2,52 \times 3 - (1,90 \times 1,10)) = 13,85 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede SO : } (1,72 \times 3 - (1,90 \times 1,10)) + (((2,96 + 0,92) \times 3) - (1,90 \times 1,10)) + (2,35 \times 3 - (1,90 \times 1,10)) + (3,71 \times 3 - (1,90 \times 1,10)) = 26,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede NO : } (2,88 + 1,76) \times 3 + (2,95 \times 3) + (3,45 \times 3) = 33,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede NE : } (1,19 \times 3) + (2,23 \times 3) + (1,32 \times 3) + (1,67 \times 3) + (3,85 \times 3) = 28,5 \text{ m}^2$$

Piso 3:

$$\text{Parede SE : } 4,67 \times 3 + (3,02 \times 3 - (0,70 \times 1)) = 22,37 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede SO : } (2,76 \times 3 - (0,80 \times 1,10)) + (2,83 \times 3) = 15,89 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede NO : } (5,99 \times 3 - (1 \times 2)) + (3,55 \times 3) = 26,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede NE : } (2,29 \times 3) + (1,87 \times 3) + (1,32 \times 3) = 16,44 \text{ m}^2$$

Quadro I. Valores horários da temperatura exterior no mês de Janeiro na zona climática de Constância.

Janeiro																															
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	10,4	8,8	4,9	4,1	4,3	3,2	4,6	9,2	9,8	9,8	10,2	11,5	8,9	8,1	5,9	9,1	11,8	13,7	14,8	7,8	8,8	4,6	7,4	11,3	10,1	12,7	7,7	5,6	3,9	7,1	6,3
1	10,4	8,6	4,6	3,6	3,3	2,6	5,3	9,1	9,9	9,9	10,3	11,2	8,6	7,9	5,4	8,7	11,6	13,9	15	7,4	7,7	5,2	7,5	11,2	9,9	12,3	7,3	5	3,4	6,3	5,5
2	9,6	8,1	3,6	3,7	2,7	1,9	5,6	8,8	9,7	10,1	10	11,5	7,6	7	5,8	8,1	11,4	14	14,9	6,9	6,6	6,1	6,9	11,6	9,9	12,4	7,4	4,2	3,3	5,8	5,2
3	8,3	6,9	3,1	3,1	2	1,7	5,9	8,9	10,3	10,3	10,4	11,4	7	6,1	6,7	8,4	11,2	13,9	13,3	7	6,8	6,4	5,8	11,1	10	12,8	8,2	3,8	2,9	5,3	4,6
4	8,8	5,8	2,3	2,9	1,8	0,4	6	9	10,1	10,4	9,9	10,7	5,9	6,3	6,9	8,6	10,8	13,8	11,1	7,1	7,5	7,1	3,3	10,9	10,2	12,7	8,1	3,8	3,1	5,1	4,2
5	8,7	5,7	2,7	2,8	1,2	0,6	6,1	8,5	10,1	10,7	10	10,3	5,4	6	7,1	8,8	10,6	13,7	11,1	6,6	7,7	6,3	3,4	10,9	10,3	12,2	8,8	3,2	2,8	4,6	4,2
6	7,8	5,2	2,2	2,7	0,6	0,1	6	8,3	10,1	11,3	9,7	9,8	4,9	5,6	6,3	8,8	10,1	13,4	9,4	5,3	6,9	7,8	3,2	11,7	10,4	12,2	9,2	3,6	2,6	4,3	3,9
7	7,8	4,6	1,3	3,4	0,6	-0,4	6,2	8,2	10,1	11,5	9,2	9,6	5,4	5,1	4,9	8,9	9,6	13,5	10,2	4,5	4,6	7,7	2,7	11,3	10,6	12,1	9,6	3,1	2,5	4,2	3,5
8	7,9	4	3,3	3,2	0,4	-0,6	6,3	8,1	9,9	11,7	9,4	9,2	4,6	3,4	6,2	9,4	9,3	13,7	9,5	5,3	5,1	7,9	1,8	11	11,4	12	9,9	2,9	2	3,9	3,4
9	8,2	3,7	3,7	4	1,4	-0,1	6,8	8,4	9,8	12,7	9,7	8,9	5,5	4,4	6,5	9,6	8,9	13,9	9,3	6,4	5,3	8,2	3,3	11,2	12,7	12,1	10,5	3,3	3,2	5,6	3,9
10	8,9	4,7	7,9	8,6	5,1	2,4	7,4	10,8	9,9	13,7	10,1	9,8	6,9	8,1	9,4	10,1	11,2	14,2	9,3	7,8	8,6	8,5	5,7	12,3	12,6	12,5	11,2	4,7	6,3	7,4	5,2
11	9,2	6,1	12,2	11,1	8,9	5,5	8,3	12,6	10,2	14,2	10,4	10,2	8,2	10,2	10,7	10,8	11,8	13,9	9,6	8,4	10,4	8	6,9	11,6	11,1	13	12	5,8	9,2	10,6	8,1
12	10	7,9	13,7	13,2	11,9	9,7	9,7	13,3	10,8	14,7	10,9	12,7	9,7	12,2	12,5	12,2	12,2	14,2	9,6	9,1	10,2	10,3	7,8	11,6	11,2	13,4	12,4	8,3	12,2	13,7	12,1
13	12,1	11,8	14,8	14,9	14,7	12,5	11,1	13,7	10,7	15	11,9	12,9	10,6	13,1	13,1	12,4	12,5	14,6	9,3	9,6	10,6	11,3	8,7	12,3	11,9	14,4	13,1	10,6	14,1	15,7	16,1
14	13,2	14,8	15,6	15,7	16,3	14,3	12,3	14,3	10,6	16,1	12,9	15,2	11,9	13,2	14,1	12,6	13,1	15,1	10,9	10,3	11,4	9,2	10,6	13,3	12,2	15,4	14,4	13,1	15,8	16,8	17
15	13,9	15,7	15,8	15,8	16,9	15,1	12,6	14,2	10,9	16,4	13,5	14,8	13,2	13,1	12,2	12,7	13,3	15,4	11	10,8	12,7	11,2	10,9	13,1	12	16,3	14,2	13,8	17	17,4	18,4
16	14,1	15,6	15,8	15,5	17,3	14,5	12,1	13,7	10,9	15,3	13,6	12	12,6	12,8	12,2	12,9	13,8	15,3	10,4	11,7	10,7	11,4	11	12,9	12,3	15,1	13,6	14,4	17,3	17,4	19,6
17	13	13,4	14,4	14,3	16,6	13	11,7	13,4	10,4	15,9	13,5	10,7	11,8	12,4	11,8	13	14,1	14,9	9,9	12,4	10	9,7	11,2	12,5	12,7	14,2	12,9	14,4	17,1	16,4	18,4
18	10,4	9,8	11,3	9,8	9,6	11,4	10,7	11,9	9,8	14,6	13	9,8	10	10,4	10,8	13,3	14,1	14,8	8,6	12,2	8,6	8,9	11,3	12,1	13,5	13,1	11,3	10,9	13,8	13,8	14,7
19	9,5	10,8	10,6	7,6	7,8	8,7	10,3	10,6	9,7	13,2	12,3	10,1	9,6	9,3	9,7	13,6	13,9	13,9	9,2	11,8	5,9	5,9	11,6	11,7	13,2	12,2	10,9	7,7	10,8	11,2	11,6
20	9,8	9,4	8,5	6,7	6,2	7,6	10,3	9,4	9,6	12,7	12,2	9,9	9,7	8,5	9,3	13,6	14,1	14,3	9,4	11,3	4,6	6,1	11,8	11,2	13,3	11,2	10,1	7	9,7	9,8	10,5
21	9,6	8,1	6,1	5,5	5	6,8	10,1	9,1	9,5	12,1	12,3	9	8,9	7,7	8,8	13,3	14,1	14,2	9,6	10,9	4,6	6,4	11,6	11,1	12,9	10,7	9	6	9	8,4	10,2
22	9,7	6,3	4,9	5,2	4,6	6	9,6	9,6	9,6	11,8	11,6	9,3	8,9	6	8,7	12,8	13,9	14,4	8,7	10,6	4,6	6,2	11,4	10,7	12,7	10,2	7,7	5,2	8,1	7,3	10,3
23	9,4	5,5	4,7	4,4	3,5	5,3	9,4	9,7	9,7	10,9	11,7	8,9	8,6	5,2	8,7	12,3	13,7	14,4	8,2	9,9	4,2	7,6	11,5	10	12,7	8	6,9	4,7	7,6	6,8	8,3

Anexo II – Quadros Cálculo GD

Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros – Anexo II

Quadro II. Valores de $T_{méd}$ obtidos para o cálculo dos Graus-Dias relativos ao mês de Janeiro, e respectivo valor de Graus-Dias calculado.

	Janeiro																														
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	7,6	9,2	13,1	13,9	13,7	14,8	13,4	8,8	8,2	8,2	7,8	6,5	9,1	9,9	12,1	8,9	6,2	4,3	3,2	10,2	9,2	13,4	10,6	6,7	7,9	5,3	10,3	12,4	14,1	10,9	11,7
1	7,6	9,4	13,4	14,4	14,7	15,4	12,7	8,9	8,1	8,1	7,7	6,8	9,4	10,1	12,6	9,3	6,4	4,1	3	10,6	10,3	12,8	10,5	6,8	8,1	5,7	10,7	13	14,6	11,7	12,5
2	8,4	9,9	14,4	14,3	15,3	16,1	12,4	9,2	8,3	7,9	8	6,5	10,4	11	12,2	9,9	6,6	4	3,1	11,1	11,4	11,9	11,1	6,4	8,1	5,6	10,6	13,8	14,7	12,2	12,8
3	9,7	11,1	14,9	14,9	16	16,3	12,1	9,1	7,7	7,7	7,6	6,6	11	11,9	11,3	9,6	6,8	4,1	4,7	11	11,2	11,6	12,2	6,9	8	5,2	9,8	14,2	15,1	12,7	13,4
4	9,2	12,2	15,7	15,1	16,2	17,6	12	9	7,9	7,6	8,1	7,3	12,1	11,7	11,1	9,4	7,2	4,2	6,9	10,9	10,5	10,9	14,7	7,1	7,8	5,3	9,9	14,2	14,9	12,9	13,8
5	9,3	12,3	15,3	15,2	16,8	17,4	11,9	9,5	7,9	7,3	8	7,7	12,6	12	10,9	9,2	7,4	4,3	6,9	11,4	10,3	11,7	14,6	7,1	7,7	5,8	9,2	14,8	15,2	13,4	13,8
6	10,2	12,8	15,8	15,3	17,4	17,9	12	9,7	7,9	6,7	8,3	8,2	13,1	12,4	11,7	9,2	7,9	4,6	8,6	12,7	11,1	10,2	14,8	6,3	7,6	5,8	8,8	14,4	15,4	13,7	14,1
7	10,2	13,4	16,7	14,6	17,4	18,4	11,8	9,8	7,9	6,5	8,8	8,4	12,6	12,9	13,1	9,1	8,4	4,5	7,8	13,5	13,4	10,3	15,3	6,7	7,4	5,9	8,4	14,9	15,5	13,8	14,5
8	10,1	14	14,7	14,8	17,6	18,6	11,7	9,9	8,1	6,3	8,6	8,8	13,4	14,6	11,8	8,6	8,7	4,3	8,5	12,7	12,9	10,1	16,2	7	6,6	6	8,1	15,1	16	14,1	14,6
9	9,8	14,3	14,3	14	16,6	18,1	11,2	9,6	8,2	5,3	8,3	9,1	12,5	13,6	11,5	8,4	9,1	4,1	8,7	11,6	12,7	9,8	14,7	6,8	5,3	5,9	7,5	14,7	14,8	12,4	14,1
10	9,1	13,3	10,1	9,4	12,9	15,6	10,6	7,2	8,1	4,3	7,9	8,2	11,1	9,9	8,6	7,9	6,8	3,8	8,7	10,2	9,4	9,5	12,3	5,7	5,4	5,5	6,8	13,3	11,7	10,6	12,8
11	8,8	11,9	5,8	6,9	9,1	12,5	9,7	5,4	7,8	3,8	7,6	7,8	9,8	7,8	7,3	7,2	6,2	4,1	8,4	9,6	7,6	10	11,1	6,4	6,9	5	6	12,2	8,8	7,4	9,9
12	8	10,1	4,3	4,8	6,1	8,3	8,3	4,7	7,2	3,3	7,1	5,3	8,3	5,8	5,5	5,8	5,8	3,8	8,4	8,9	7,8	7,7	10,2	6,4	6,8	4,6	5,6	9,7	5,8	4,3	5,9
13	5,9	6,2	3,2	3,1	3,3	5,5	6,9	4,3	7,3	3	6,1	5,1	7,4	4,9	4,9	5,6	5,5	3,4	8,7	8,4	7,4	6,7	9,3	5,7	6,1	3,6	4,9	7,4	3,9	2,3	1,9
14	4,8	3,2	2,4	2,3	1,7	3,7	5,7	3,7	7,4	1,9	5,1	2,8	6,1	4,8	3,9	5,4	4,9	2,9	7,1	7,7	6,6	8,8	7,4	4,7	5,8	2,6	3,6	4,9	2,2	1,2	1
15	4,1	2,3	2,2	2,2	1,1	2,9	5,4	3,8	7,1	1,6	4,5	3,2	4,8	4,9	5,8	5,3	4,7	2,6	7	7,2	5,3	6,8	7,1	4,9	6	1,7	3,8	4,2	1	0,6	0
16	3,9	2,4	2,2	2,5	0,7	3,5	5,9	4,3	7,1	2,7	4,4	6	5,4	5,2	5,8	5,1	4,2	2,7	7,6	6,3	7,3	6,6	7	5,1	5,7	2,9	4,4	3,6	0,7	0,6	0
17	5	4,6	3,6	3,7	1,4	5	6,3	4,6	7,6	2,1	4,5	7,3	6,2	5,6	6,2	5	3,9	3,1	8,1	5,6	8	8,3	6,8	5,5	5,3	3,8	5,1	3,6	0,9	1,6	0
18	7,6	8,2	6,7	8,2	8,4	6,6	7,3	6,1	8,2	3,4	5	8,2	8	7,6	7,2	4,7	3,9	3,2	9,4	5,8	9,4	9,1	6,7	5,9	4,5	4,9	6,7	7,1	4,2	4,2	3,3
19	8,5	7,2	7,4	10,4	10,2	9,3	7,7	7,4	8,3	4,8	5,7	7,9	8,4	8,7	8,3	4,4	4,1	4,1	8,8	6,2	12,1	12,1	6,4	6,3	4,8	5,8	7,1	10,3	7,2	6,8	6,4
20	8,2	8,6	9,5	11,3	11,8	10,4	7,7	8,6	8,4	5,3	5,8	8,1	8,3	9,5	8,7	4,4	3,9	3,7	8,6	6,7	13,4	11,9	6,2	6,8	4,7	6,8	7,9	11	8,3	8,2	7,5
21	8,4	9,9	11,9	12,5	13	11,2	7,9	8,9	8,5	5,9	5,7	9	9,1	10,3	9,2	4,7	3,9	3,8	8,4	7,1	13,4	11,6	6,4	6,9	5,1	7,3	9	12	9	9,6	7,8
22	8,3	11,7	13,1	12,8	13,4	12	8,4	8,4	8,4	6,2	6,4	8,7	9,1	12	9,3	5,2	4,1	3,6	9,3	7,4	13,4	11,8	6,6	7,3	5,3	7,8	10,3	12,8	9,9	10,7	7,7
23	8,6	12,5	13,3	13,6	14,5	12,7	8,6	8,3	8,3	7,1	6,3	9,1	9,4	12,8	9,3	5,7	4,3	3,6	9,8	8,1	13,8	10,4	6,5	8	5,3	10	11,1	13,3	10,4	11,2	9,7

Graus-Dias Janeiro = 261,90 °C.dia

Quadro III. Valores horários da temperatura exterior no mês de Fevereiro na zona climática de Constância.

Fevereiro																												
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0	7	12,4	7,2	5,6	10,1	8,2	6,3	6,1	6,7	4,1	8,3	7,4	10,8	9,4	7,8	6,4	10,1	10,3	7,9	8,7	10,6	10,3	8,2	5,3	3,3	2,3	4,1	4,4
1	6,2	11,9	7,2	3,9	10,8	7,9	5,7	5,4	4,4	3,7	7,6	7,6	11,5	8,4	5,8	5,5	10	9,8	7,8	8,7	10,4	9,3	8,3	5,1	3,8	1,3	2,4	4,2
2	6,2	10,9	5,6	3,4	10,9	7,7	6,7	3,9	5,1	3,9	7,4	7,6	11,8	8,3	4,7	5,6	9,6	10	7,4	8,1	10,2	9,6	7,9	4,3	4	0,6	1,2	4,4
3	5,9	9,7	4,8	2,6	11,1	7,3	5,8	2,3	3,9	2,6	7,6	7,7	12,1	8,2	3,9	5,7	9,4	9,7	8	8,4	10,3	10,1	7,7	3,7	3,9	-0,2	0,3	4,6
4	5,5	8,8	4,8	2,2	10,3	6,4	4,9	1,6	2,7	2,4	7,5	7,5	11,9	8,1	3,7	5,6	9,1	9,6	7,7	8,4	10,2	10,4	7,7	3,4	2,1	-0,6	-0,3	4,7
5	5,4	8	4,8	2	9,7	5,7	4,1	4,7	1,9	1,6	6,5	7,2	11,8	7,9	3,8	5,9	9,6	9,6	8,4	8,4	10,2	10,5	7,8	3,3	1,1	-1,1	-0,8	4,4
6	5	7,6	5,2	1,6	9,3	4,2	3,8	4,4	1,3	0,3	5,9	7,1	11,6	7,7	3,8	6,1	9,7	9,3	8,7	8,6	10,4	10,4	8,3	2,9	0,4	-1,1	-1,2	3,9
7	4,6	7,4	5,2	1,3	9	4,4	3,7	4,8	0,3	0	5,9	6,6	11,3	7,5	3,5	6,4	9,8	9,3	8,2	8,4	10,9	10,8	8,9	1,7	-0,3	-1,8	-1,8	3,9
8	4,4	7	3,1	1,1	8,7	8,5	3,7	7,2	-0,4	0,9	5,7	6,7	1,2	7,5	2,9	6,6	9,8	9,5	8	8,2	11,2	11	8,7	0,9	-0,4	-1,3	-1,6	4,3
9	4,7	8,1	3,8	2,9	9,4	9,8	5,7	8,1	0,9	2,3	6,3	7,3	12,7	7,6	3,2	6,9	9,9	10	8,7	8,1	11,9	11,8	9	3,3	0,9	1	-0,1	5,6
10	5,5	9,6	6,8	6,4	11	10,8	8,2	10,3	4,7	4,6	7,7	8,5	14,3	9,2	4,4	7,1	10	10,6	8,9	8,3	12,7	12,4	9,9	6,8	3,6	6,1	3,4	7,8
11	6,5	11,4	9,3	9,8	12,7	11,9	10,2	12,1	8,8	6,1	9,1	10,2	15,5	12	8,2	7,3	10,2	11,5	10,1	9,1	14	11,8	9,7	8,9	8,9	10,6	7,8	10,2
12	7,4	12,7	11,6	13,8	14,6	12,6	12,1	14	11,8	8,6	8,8	11	16,2	14,1	12,9	8,6	10,5	12,8	10,3	12,3	16	12,8	10,9	11,3	11,4	12,5	10,8	12,1
13	8,4	13,2	13,4	16,3	16,3	13	13,1	14,3	13,9	11,7	9,1	11,5	16,7	14,7	15,8	9,9	11,1	14,3	10,8	13,4	16,7	10,8	12,2	12,9	12,4	13,4	10,4	12,9
14	9,5	13,7	14,1	17,7	16,9	12,7	13,8	15,1	15,2	12,1	9,7	12,2	17,4	16,9	17,2	13,2	11,7	14,4	12,7	14,2	17,7	12,8	13	12,3	13,5	13,5	8,7	13,6
15	10,9	13,8	15,8	18,7	17,4	12,8	13,7	15,2	16,1	11,5	9,6	12,3	17,8	17,7	17,1	13,7	12,2	14,3	13,5	14,4	17,5	11,9	11,7	12,9	13,8	14,4	9,4	12,7
16	11,6	13,4	14,8	18,9	17,3	12,6	14,1	14,7	15,9	11,3	8,9	12,1	17,7	17,7	16,8	13,6	12,6	14	15,6	13,9	17,6	12,8	11,5	13,4	13,8	14,8	8,7	13,5
17	12,4	12,5	13,1	17,6	15,2	11,1	12,8	13,5	15,6	11,7	7,8	11,3	16,9	17,1	16,7	13,3	12,7	13	13,3	13,5	16,7	11,9	10,5	12,4	13,4	15,3	5,3	12,9
18	12,4	10,8	11,2	14,9	12,9	10,7	10,7	11,7	13,3	10,2	7,4	10,5	14,7	14,3	15,6	12,7	12,3	13,1	11,3	12,8	14,1	9,7	9,6	10,5	11,4	15,1	5,4	11,6
19	13,4	9,7	10,7	13,1	11,4	9,8	9	10,6	8,6	9,6	5,4	10,2	13,2	12,6	11,6	11,7	11,3	11,3	10,2	11,8	13,1	9,3	8	8,7	8,9	8,8	5,3	9,4
20	13,2	9,2	9,3	11,7	10,8	8,4	8,6	9,7	9,6	9,1	6,2	10	12,2	11,1	10,9	10,9	10,7	9,8	9	11,1	11,4	8,9	6,9	7,4	7,7	8,5	5,2	7,9
21	13,6	8,4	7,8	10,6	9,6	6,6	7,9	9,4	8,7	8,5	6,4	9,9	11,4	10,6	9,1	10,8	10,4	10	9,2	10,2	10,9	8,5	6,6	6,1	6,3	7,6	5,2	7,2
22	13,5	7,4	7,6	10,1	8,9	4,9	7,1	9,3	7,8	8,5	6,7	10,2	10,4	9,7	9,9	10,6	10,5	8,7	9,4	10,4	10,4	8,6	6	4,7	6,2	6,1	5	4,8
23	12,9	7,8	6,2	9,7	8,3	6,1	6,9	8,4	6,9	8,8	7,3	10,2	9,9	8,7	7,5	10,4	10,4	8,4	9,4	10,4	10,3	8,5	5,5	3,7	4,4	4,8	4,6	3,4

Anexo II – Quadros Cálculo GD

Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros – Anexo II

Quadro IV. Valores de $T_{méd}$ obtidos para o cálculo dos Graus-Dias relativos ao mês de Fevereiro, e respectivo valor de Graus-Dias calculado.

	Fevereiro																											
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0	11	5,6	10,8	12,4	7,9	9,8	11,7	11,9	11,3	13,9	9,7	10,6	7,2	8,6	10,2	11,6	7,9	7,7	10,1	9,3	7,4	7,7	9,8	12,7	14,7	15,7	13,9	13,6
1	11,8	6,1	10,8	14,1	7,2	10,1	12,3	12,6	13,6	14,3	10,4	10,4	6,5	9,6	12,2	12,5	8	8,2	10,2	9,3	7,6	8,7	9,7	12,9	14,2	16,7	15,6	13,8
2	11,8	7,1	12,4	14,6	7,1	10,3	11,3	14,1	12,9	14,1	10,6	10,4	6,2	9,7	13,3	12,4	8,4	8	10,6	9,9	7,8	8,4	10,1	13,7	14	17,4	16,8	13,6
3	12,1	8,3	13,2	15,4	6,9	10,7	12,2	15,7	14,1	15,4	10,4	10,3	5,9	9,8	14,1	12,3	8,6	8,3	10	9,6	7,7	7,9	10,3	14,3	14,1	18,2	17,7	13,4
4	12,5	9,2	13,2	15,8	7,7	11,6	13,1	16,4	15,3	15,6	10,5	10,5	6,1	9,9	14,3	12,4	8,9	8,4	10,3	9,6	7,8	7,6	10,3	14,6	15,9	18,6	18,3	13,3
5	12,6	10	13,2	16	8,3	12,3	13,9	13,3	16,1	16,4	11,5	10,8	6,2	10,1	14,2	12,1	8,4	8,4	9,6	9,6	7,8	7,5	10,2	14,7	16,9	19,1	18,8	13,6
6	13	10,4	12,8	16,4	8,7	13,8	14,2	13,6	16,7	17,7	12,1	10,9	6,4	10,3	14,2	11,9	8,3	8,7	9,3	9,4	7,6	7,6	9,7	15,1	17,6	19,1	19,2	14,1
7	13,4	10,6	12,8	16,7	9	13,6	14,3	13,2	17,7	18	12,1	11,4	6,7	10,5	14,5	11,6	8,2	8,7	9,8	9,6	7,1	7,2	9,1	16,3	18,3	19,8	19,8	14,1
8	13,6	11	14,9	16,9	9,3	9,5	14,3	10,8	18,4	17,1	12,3	11,3	16,8	10,5	15,1	11,4	8,2	8,5	10	9,8	6,8	7	9,3	17,1	18,4	19,3	19,6	13,7
9	13,3	9,9	14,2	15,1	8,6	8,2	12,3	9,9	17,1	15,7	11,7	10,7	5,3	10,4	14,8	11,1	8,1	8	9,3	9,9	6,1	6,2	9	14,7	17,1	17	18,1	12,4
10	12,5	8,4	11,2	11,6	7	7,2	9,8	7,7	13,3	13,4	10,3	9,5	3,7	8,8	13,6	10,9	8	7,4	9,1	9,7	5,3	5,6	8,1	11,2	14,4	11,9	14,6	10,2
11	11,5	6,6	8,7	8,2	5,3	6,1	7,8	5,9	9,2	11,9	8,9	7,8	2,5	6	9,8	10,7	7,8	6,5	7,9	8,9	4	6,2	8,3	9,1	9,1	7,4	10,2	7,8
12	10,6	5,3	6,4	4,2	3,4	5,4	5,9	4	6,2	9,4	9,2	7	1,8	3,9	5,1	9,4	7,5	5,2	7,7	5,7	2	5,2	7,1	6,7	6,6	5,5	7,2	5,9
13	9,6	4,8	4,6	1,7	1,7	5	4,9	3,7	4,1	6,3	8,9	6,5	1,3	3,3	2,2	8,1	6,9	3,7	7,2	4,6	1,3	7,2	5,8	5,1	5,6	4,6	7,6	5,1
14	8,5	4,3	3,9	0,3	1,1	5,3	4,2	2,9	2,8	5,9	8,3	5,8	0,6	1,1	0,8	4,8	6,3	3,6	5,3	3,8	0,3	5,2	5	5,7	4,5	4,5	9,3	4,4
15	7,1	4,2	2,2	0	0,6	5,2	4,3	2,8	1,9	6,5	8,4	5,7	0,2	0,3	0,9	4,3	5,8	3,7	4,5	3,6	0,5	6,1	6,3	5,1	4,2	3,6	8,6	5,3
16	6,4	4,6	3,2	0	0,7	5,4	3,9	3,3	2,1	6,7	9,1	5,9	0,3	0,3	1,2	4,4	5,4	4	2,4	4,1	0,4	5,2	6,5	4,6	4,2	3,2	9,3	4,5
17	5,6	5,5	4,9	0,4	2,8	6,9	5,2	4,5	2,4	6,3	10,2	6,7	1,1	0,9	1,3	4,7	5,3	5	4,7	4,5	1,3	6,1	7,5	5,6	4,6	2,7	12,7	5,1
18	5,6	7,2	6,8	3,1	5,1	7,3	7,3	6,3	4,7	7,8	10,6	7,5	3,3	3,7	2,4	5,3	5,7	4,9	6,7	5,2	3,9	8,3	8,4	7,5	6,6	2,9	12,6	6,4
19	4,6	8,3	7,3	4,9	6,6	8,2	9	7,4	9,4	8,4	12,6	7,8	4,8	5,4	6,4	6,3	6,7	6,7	7,8	6,2	4,9	8,7	10	9,3	9,1	9,2	12,7	8,6
20	4,8	8,8	8,7	6,3	7,2	9,6	9,4	8,3	8,4	8,9	11,8	8	5,8	6,9	7,1	7,1	7,3	8,2	9	6,9	6,6	9,1	11,1	10,6	10,3	9,5	12,8	10,1
21	4,4	9,6	10,2	7,4	8,4	11,4	10,1	8,6	9,3	9,5	11,6	8,1	6,6	7,4	8,9	7,2	7,6	8	8,8	7,8	7,1	9,5	11,4	11,9	11,7	10,4	12,8	10,8
22	4,5	10,6	10,4	7,9	9,1	13,1	10,9	8,7	10,2	9,5	11,3	7,8	7,6	8,3	8,1	7,4	7,5	9,3	8,6	7,6	7,6	9,4	12	13,3	11,8	11,9	13	13,2
23	5,1	10,2	11,8	8,3	9,7	11,9	11,1	9,6	11,1	9,2	10,7	7,8	8,1	9,3	10,5	7,6	7,6	9,6	8,6	7,6	7,7	9,5	12,5	14,3	13,6	13,2	13,4	14,6

Graus-Dias de Fevereiro = 251,6 °C.dia

Quadro V. Valores horários da temperatura exterior no mês de Março na zona climática de Constância.

Março																															
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	3,8	3,9	9,6	12	12,2	13,1	14,8	12,5	12,3	14	10,8	9,7	6,3	2,6	6,3	9,7	10	6,3	4,9	6,2	9,7	11,9	9,9	8,6	9,9	14,2	13,2	11,3	13,9	13,5	13,1
1	2,3	3,1	9,9	11,8	12,3	12,9	14,8	13,1	10,3	10,9	10,2	9,6	5,1	2,9	6,1	9	10	5,4	4,4	6,1	8,8	11,5	9,3	8,6	10	14,2	13,2	10,6	13,4	13	12,9
2	1,3	3,1	10,3	11,5	12,4	12,9	15,3	12,4	9,7	10	9,4	9,2	5,2	1,6	4,9	8,9	10,3	4,7	3,7	5,8	8,7	11,2	9,9	8,6	10,4	14,2	13	11	13,2	12,4	12,8
3	0,8	2,5	9	11,4	12,3	12,9	15,3	12,2	8,6	9,4	8,4	9,1	4,3	1	3,2	8,7	10,4	2,9	3,1	5,4	8	11,3	8,7	8,8	10,8	14,1	13,1	10,9	13,3	11,9	12,9
4	0,7	1,9	9,2	11,6	12,2	12,8	15,2	12,5	8,3	9,2	8,6	9,2	4,4	0,9	2,4	8,7	10,4	2,9	3,2	4,3	7,8	11,2	8,4	8,8	11,2	14,1	13,1	11,2	14,6	11,3	12,8
5	-0,1	1,7	9,2	11,4	12	12,7	14,7	12,2	8,1	9,1	9,7	9,2	3,8	3,6	2,4	8,7	10,9	2,3	4,4	4,4	7,6	11,4	8,1	8,1	11,2	14,1	12,7	11,4	14,9	11,2	12,8
6	-1,1	2,2	8,9	11,3	11,9	12,5	14,4	11,9	7,8	8,5	9,4	9	2,8	1,2	2,7	8,4	12	2,4	4,9	4	6,6	11,3	7,8	8,1	11,3	14,1	12,5	11,6	14,9	11,5	12,8
7	-1,2	2,1	8,9	11,5	11,8	12,5	14,3	12,3	8,3	8,6	8,9	8,5	2,3	0,7	2,4	8,4	11,3	2,1	5,4	3,6	6,2	10,6	8,2	8,2	11,4	14	12,6	11,8	15,2	11,2	12,7
8	-0,9	3,1	8,9	10,9	11,9	12,9	15,2	12,7	9,4	9,2	9,7	9,1	3,6	2,5	3,5	8,9	12,3	4	6,3	5,1	8,1	11,6	9	9,3	12,5	14,1	12,8	12,4	15,4	11,9	12,4
9	0,7	5,8	9,9	10,9	12,3	13,9	16,3	12,6	11,5	11,1	10,8	9,9	5,7	5,7	6,5	9,7	12,7	5,7	7,4	7,9	10,3	13	10,3	10,8	13,3	14,8	13,3	12,7	15,6	13,7	12,3
10	3,9	9,4	11,4	11,9	13,6	14,6	17,5	12,9	13,8	13,8	12,1	10,9	8,1	9,4	11	11,9	14,1	8,2	8,6	11,6	13,4	14,5	10,5	12,2	13,6	15,3	14,4	12,9	15,8	15,2	12,7
11	8,3	11,2	12,5	11,9	15,2	14,5	16,5	13,6	15,2	13,8	14,2	11,9	9,5	12,1	13,8	13	14,6	11,9	9,4	13,4	15,6	12,9	11	14,6	13,8	16,1	15	12,8	16,5	17,1	13,5
12	11,8	13,7	12,6	10,8	15,5	16,1	18,1	13,8	13,3	10,6	13	13,4	10,8	13,7	15,6	14,2	14,3	13,4	9,5	14,6	17,3	15,7	11,3	15,4	14,3	15,4	15,7	13,7	17	18,3	14,9
13	13,6	14,8	11,2	10,7	15,4	15,8	16,5	14	14,4	13	14,6	13,7	11,6	14,9	16,4	15,5	13,7	15,3	10,5	15,8	17,6	16,9	11,9	16,3	14,6	14,5	16,4	15,5	16,3	19,2	15
14	14,9	15,7	10,3	10,6	15,4	16,8	15,4	13,3	15,6	13,5	12,5	15,3	12,6	16	17,6	16,8	12,6	14,6	10,5	16,6	18	17,6	12,7	13,5	15,2	14,7	17,7	16,5	16,2	19,7	15,3
15	16	16,3	10,8	10,8	15,8	16,9	17,1	14,2	16,7	12,7	11,6	15,2	12,5	16	17,9	15,1	12,3	14,5	10,6	17,2	18,6	16,6	13,6	16,2	16,2	13,7	15	16,3	16,1	20,3	15,7
16	15,9	15,5	11,4	10,9	14,7	17,1	16,2	15,7	15,2	12,7	12,3	13,8	11,9	15,5	17,2	11,8	12	14,3	10	16,5	18,8	17,3	14,7	15,8	15,6	14,9	15,6	15,6	16,6	19,6	15,8
17	16,5	14,6	11,7	12,1	12,8	14,6	15,7	15,1	14	12,7	12,1	13,5	11,9	15,1	16,1	12,9	12,3	15,1	10,2	15,8	17,4	15,4	14,6	15,9	15	15,8	16,3	14,7	16,2	19,1	15,7
18	15,4	13,6	11,8	12,3	13,1	14,8	15,3	14,4	14	10,1	10,9	11,8	10,7	13,6	15	12,4	12,2	13,3	10,2	14,6	16,5	15,6	13,6	14,3	14,3	15,1	14,4	13,9	15,7	17,2	15,2
19	10,9	11,4	11,9	12,1	13,2	15,1	14,1	13,4	14	9,7	10,2	9,9	8,7	11,1	13,3	11,8	10,3	12,1	9,3	13,2	15,1	13	11,9	12,4	14,2	14,1	13,6	13,4	15,3	15,3	15,3
20	10,2	11,4	11,8	12	13,1	15	12,6	12,8	14	9,6	10,2	9,3	7,5	9,6	12,6	11,7	9,6	11,3	8,2	11,7	13,4	11,3	10,2	10,9	14,2	13,8	11,9	13,4	15,1	13,8	14,5
21	9,2	10,6	11,7	12	13	14,4	12,2	12,2	14	10,1	9,8	8,3	7	8,6	12,1	10,7	8,3	10	7,6	11	12,8	9,9	9,2	10,4	14,3	13,8	11,3	13,3	14,7	12,7	13,8
22	7,9	11	12	11,9	13,2	14,6	12,3	11,4	14	10,2	9,8	7,4	6,1	7,8	10,8	10,2	6,8	8,9	6,5	9,6	12,7	9,4	9,3	10,4	14,2	13,6	11,6	13,2	14,2	12,7	13,4
23	5,2	10	12,3	12,1	13,2	14,7	12,4	11,2	14	10,6	9,7	6,3	5,1	7,2	10,2	10,2	4,8	7,1	5,8	9,6	13,2	9,7	9,1	9,8	14,2	13,3	10,8	13,4	13,8	13,2	13,3

Anexo II – Quadros Cálculo GD

Quadro VI. Valores de $T_{méd}$ obtidos para o cálculo dos Graus-Dias relativos ao mês de Março, e respetivo valor de Graus-Dias calculado.

	Março																														
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	14,2	14,1	8,4	6	5,8	4,9	3,2	5,5	5,7	4	7,2	8,3	11,7	15,4	11,7	8,3	8	11,7	13,1	11,8	8,3	6,1	8,1	9,4	8,1	3,8	4,8	6,7	4,1	4,5	4,9
1	15,7	14,9	8,1	6,2	5,7	5,1	3,2	4,9	7,7	7,1	7,8	8,4	12,9	15,1	11,9	9	8	12,6	13,6	11,9	9,2	6,5	8,7	9,4	8	3,8	4,8	7,4	4,6	5	5,1
2	16,7	14,9	7,7	6,5	5,6	5,1	2,7	5,6	8,3	8	8,6	8,8	12,8	16,4	13,1	9,1	7,7	13,3	14,3	12,2	9,3	6,8	8,1	9,4	7,6	3,8	5	7	4,8	5,6	5,2
3	17,2	15,5	9	6,6	5,7	5,1	2,7	5,8	9,4	8,6	9,6	8,9	13,7	17	14,8	9,3	7,6	15,1	14,9	12,6	10	6,7	9,3	9,2	7,2	3,9	4,9	7,1	4,7	6,1	5,1
4	17,3	16,1	8,8	6,4	5,8	5,2	2,8	5,5	9,7	8,8	9,4	8,8	13,6	17,1	15,6	9,3	7,6	15,1	14,8	13,7	10,2	6,8	9,6	9,2	6,8	3,9	4,9	6,8	3,4	6,7	5,2
5	18,1	16,3	8,8	6,6	6	5,3	3,3	5,8	9,9	8,9	8,3	8,8	14,2	14,4	15,6	9,3	7,1	15,7	13,6	13,6	10,4	6,6	9,9	9,9	6,8	3,9	5,3	6,6	3,1	6,8	5,2
6	19,1	15,8	9,1	6,7	6,1	5,5	3,6	6,1	10,2	9,5	8,6	9	15,2	16,8	15,3	9,6	6	15,6	13,1	14	11,4	6,7	10,2	9,9	6,7	3,9	5,5	6,4	3,1	6,5	5,2
7	19,2	15,9	9,1	6,5	6,2	5,5	3,7	5,7	9,7	9,4	9,1	9,5	15,7	17,3	15,6	9,6	6,7	15,9	12,6	14,4	11,8	7,4	9,8	9,8	6,6	4	5,4	6,2	2,8	6,8	5,3
8	18,9	14,9	9,1	7,1	6,1	5,1	2,8	5,3	8,6	8,8	8,3	8,9	14,4	15,5	14,5	9,1	5,7	14	11,7	12,9	9,9	6,4	9	8,7	5,5	3,9	5,2	5,6	2,6	6,1	5,6
9	17,3	12,2	8,1	7,1	5,7	4,1	1,7	5,4	6,5	6,9	7,2	8,1	12,3	12,3	11,5	8,3	5,3	12,3	10,6	10,1	7,7	5	7,7	7,2	4,7	3,2	4,7	5,3	2,4	4,3	5,7
10	14,1	8,6	6,6	6,1	4,4	3,4	0,5	5,1	4,2	4,2	5,9	7,1	9,9	8,6	7	6,1	3,9	9,8	9,4	6,4	4,6	3,5	7,5	5,8	4,4	2,7	3,6	5,1	2,2	2,8	5,3
11	9,7	6,8	5,5	6,1	2,8	3,5	1,5	4,4	2,8	4,2	3,8	6,1	8,5	5,9	4,2	5	3,4	6,1	8,6	4,6	2,4	5,1	7	3,4	4,2	1,9	3	5,2	1,5	0,9	4,5
12	6,2	4,3	5,4	7,2	2,5	1,9	0	4,2	4,7	7,4	5	4,6	7,2	4,3	2,4	3,8	3,7	4,6	8,5	3,4	0,7	2,3	6,7	2,6	3,7	2,6	2,3	4,3	1	0	3,1
13	4,4	3,2	6,8	7,3	2,6	2,2	1,5	4	3,6	5	3,4	4,3	6,4	3,1	1,6	2,5	4,3	2,7	7,5	2,2	0,4	1,1	6,1	1,7	3,4	3,5	1,6	2,5	1,7	0	3
14	3,1	2,3	7,7	7,4	2,6	1,2	2,6	4,7	2,4	4,5	5,5	2,7	5,4	2	0,4	1,2	5,4	3,4	7,5	1,4	0	0,4	5,3	4,5	2,8	3,3	0,3	1,5	1,8	0	2,7
15	2	1,7	7,2	7,2	2,2	1,1	0,9	3,8	1,3	5,3	6,4	2,8	5,5	2	0,1	2,9	5,7	3,5	7,4	0,8	0	1,4	4,4	1,8	1,8	4,3	3	1,7	1,9	0	2,3
16	2,1	2,5	6,6	7,1	3,3	0,9	1,8	2,3	2,8	5,3	5,7	4,2	6,1	2,5	0,8	6,2	6	3,7	8	1,5	0	0,7	3,3	2,2	2,4	3,1	2,4	2,4	1,4	0	2,2
17	1,5	3,4	6,3	5,9	5,2	3,4	2,3	2,9	4	5,3	5,9	4,5	6,1	2,9	1,9	5,1	5,7	2,9	7,8	2,2	0,6	2,6	3,4	2,1	3	2,2	1,7	3,3	1,8	0	2,3
18	2,6	4,4	6,2	5,7	4,9	3,2	2,7	3,6	4	7,9	7,1	6,2	7,3	4,4	3	5,6	5,8	4,7	7,8	3,4	1,5	2,4	4,4	3,7	3,7	2,9	3,6	4,1	2,3	0,8	2,8
19	7,1	6,6	6,1	5,9	4,8	2,9	3,9	4,6	4	8,3	7,8	8,1	9,3	6,9	4,7	6,2	7,7	5,9	8,7	4,8	2,9	5	6,1	5,6	3,8	3,9	4,4	4,6	2,7	2,7	2,7
20	7,8	6,6	6,2	6	4,9	3	5,4	5,2	4	8,4	7,8	8,7	10,5	8,4	5,4	6,3	8,4	6,7	9,8	6,3	4,6	6,7	7,8	7,1	3,8	4,2	6,1	4,6	2,9	4,2	3,5
21	8,8	7,4	6,3	6	5	3,6	5,8	5,8	4	7,9	8,2	9,7	11	9,4	5,9	7,3	9,7	8	10,4	7	5,2	8,1	8,8	7,6	3,7	4,2	6,7	4,7	3,3	5,3	4,2
22	10,1	7	6	6,1	4,8	3,4	5,7	6,6	4	7,8	8,2	10,6	11,9	10,2	7,2	7,8	11,2	9,1	11,5	8,4	5,3	8,6	8,7	7,6	3,8	4,4	6,4	4,8	3,8	5,3	4,6
23	12,8	8	5,7	5,9	4,8	3,3	5,6	6,8	4	7,4	8,3	11,7	12,9	10,8	7,8	7,8	13,2	10,9	12,2	8,4	4,8	8,3	8,9	8,2	3,8	4,7	7,2	4,6	4,2	4,8	4,7

Graus-Dias de Março = 200,6 °C.dia

Quadro VII. Valores horários da temperatura exterior no mês de Novembro na zona climática de Constância.

Novembro																																
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
0	9,6	15,9	14,7	11,3	15,8	15,8	14,9	15,8	8,9	12,4	13,1	11,6	12,7	12,7	6,1	7,2	6,9	6,2	6,2	7,9	3	8,9	4,8	0,8	5,5	2,9	2,8	0,7	9,1	1,6		
1	8,4	15,7	15,5	11,0	15,9	15,6	14,7	15,8	9,1	10,9	12,8	11,5	12,2	10,1	5,6	6,9	5,6	6,3	7,2	7,2	2,3	8,6	4,7	0,8	5,3	2,1	2,3	0	8,7	1,1		
2	8,1	15,5	15,2	11,0	15,8	15,3	14,4	15,5	8,9	9,9	10,5	11,2	11,6	9,4	5,8	5,8	4,9	7,2	5,8	6,9	0,9	8,7	4,4	-0,6	4,5	1,2	2,2	-0,1	8,2	0,6		
3	7,4	15,4	15,0	11,3	16,0	15,4	14,3	15,4	7,8	12,4	9,3	10,9	11,1	10,1	4,6	5,8	3,5	5,3	5,9	6,3	0,5	8,7	3,8	-0,2	3,2	0,6	1,6	-0,2	6,7	-0,2		
4	7,2	15,4	14,4	11,7	15,9	15,3	14,3	15,3	7,6	9,9	8,8	9,2	11,3	9,4	4,1	5,8	2,9	5,4	8,3	5,3	1,1	8,6	3,9	-0,8	2,2	0,2	1	-0,4	4,8	-0,1		
5	6,8	15,2	13,8	12,2	15,9	14,5	14,3	15,6	6,9	9,9	8,4	8,2	9,8	9,9	5,8	4,9	2,7	7,1	8,4	4,1	1,6	8,4	3,4	-1,2	1,6	0,9	2	0,6	3,9	-1,2		
6	6,9	14,9	13,2	12,8	15,8	14,2	14,2	15,7	5,8	9,7	8,9	6,8	8,5	9,1	5,9	3,5	2,8	5,8	8,2	3,4	1,8	8,4	3,7	-1,2	1,4	1,2	0,7	2,1	3,1	-1,5		
7	7,0	14,8	14,2	13,4	15,7	14,3	14,2	15,9	5,3	11,3	6,6	6,8	7,2	8,3	3,8	2,4	2,3	6,7	7,4	2,4	1,4	8,7	2,9	-1,7	1,4	0,9	4	5,1	3,1	-1,8		
8	7,4	14,8	14,4	13,7	15,6	14,7	14,3	15,2	5,5	10,2	6,5	7,1	7,6	7,9	3,8	2,7	2,3	6,8	7,7	1,2	2	8,7	3,4	-1,4	1,9	1,7	5,4	5,6	2,7	-1,3		
9	9,1	15,2	15,2	14,6	15,8	15,6	14,8	14,2	7,4	9,9	7,9	9,2	10,2	10,8	5,6	4,8	4,1	7,6	9,8	3,7	3,1	8,8	5,8	0,5	4,5	4,6	7,2	7,2	5,8	-0,6		
10	11,8	16,1	17,2	16,2	16,9	16,8	16,2	16,3	9,6	13,2	12,3	13,8	14,5	14,2	9,8	5,9	5,9	9,6	11,7	8,7	5,6	8,7	7,8	4,1	8,9	9,9	9,2	9,2	9,3	2,4		
11	14,6	18,4	18,3	17,1	18,2	17,4	17,4	17,6	12,4	15,3	15,7	16,7	18,3	16,7	14,1	7,5	11,6	11,4	13,3	11	7,2	8,9	11,1	9,3	13,4	12	10,4	10,5	12,2	6,4		
12	17,0	18,9	19,0	16,2	18,6	17,8	18,6	17,3	15,3	18,4	17,9	18,9	20,8	19,8	15,6	10,3	12,9	14,1	14,7	12,8	8,7	9,4	11,6	12,9	14,8	13,4	11,4	11,6	14,1	10,5		
13	19,2	19,9	19,2	16,1	17,9	18,4	19,3	17,7	16,4	19,3	19,8	20,3	21,9	21,3	16,1	13,8	14,1	14,0	15,8	14,1	10,7	9,8	12,4	15,1	15,8	14,3	12,4	12,2	14,9	12,7		
14	19,8	20,3	19,4	16,0	18,7	18,6	19,1	17,6	16,8	19,5	20,5	21,2	22,6	22,7	15,8	13,6	15,6	14,6	16,3	14,7	11,6	10,1	13,4	16,3	17,1	15	13,2	12,9	16,3	14,7		
15	19,5	20,4	19,2	16,0	18,1	18,3	18,3	17,6	17,6	19,2	20,9	21,6	23,5	23,1	15,4	14,3	15,9	15,6	16,6	15,9	12,7	10,7	12,6	16,6	17,5	15,3	14,1	13,1	16,8	14,7		
16	19,0	20,3	18,8	16,1	18,1	17,8	18,1	17,1	16,3	18,7	19,9	21,8	23,8	21,2	15,1	12,5	14,8	14,3	15,7	15,4	12,4	10,7	11,9	16,4	16,9	14,6	14,2	12,8	17,3	14,6		
17	18,4	19,4	17,3	16,1	17,8	17,1	17,6	15,6	16,1	16,3	18,1	19,5	22,0	18,5	14,1	12,3	13,7	14,1	14,3	14,3	11,6	10,7	9,9	14,6	14,9	12,8	12,3	11	14,3	12,4		
18	17,6	18,6	14,9	16,2	17,1	16,4	16,8	14,4	13,6	15,8	16,2	17,3	18,4	15,3	12,6	10,3	11,8	12,1	12,8	9,1	10,4	10,2	6,9	9,1	10,1	8,9	6,9	9,8	10,2	10,8		
19	16,9	18,1	12,6	16,0	16,7	16,0	16,3	12,8	12,8	14,6	14,8	15,5	15,2	12,8	12,3	9,6	10,8	11,1	12,0	8,8	9,9	9,6	6,3	9,1	10,8	8,7	5,4	9,1	8,1	10		
20	16,4	17,1	12,0	16,0	16,3	15,6	16,2	10,9	11,5	14,7	13,8	14,4	13,8	10,8	11,9	10,3	9,3	10,5	11,2	8,7	9,9	8,8	4,4	8,2	10	6	4,2	9,4	5,4	8,9		
21	16,4	16,4	11,9	16,0	16,2	15,0	16,2	10,1	11,4	14,6	13,1	13,6	14,4	8,8	10,8	9,3	8,4	9,9	10,7	7,9	9,6	7,1	3,2	7,6	8,1	5,8	2,7	9,3	4,2	8,2		
22	16,2	16,3	12,4	16,0	15,9	15,1	15,9	10,6	12,8	13,7	12,1	13,2	13,4	7,2	10,2	8,9	7,6	8,2	10,1	5,8	9,3	5,9	2,8	7,6	6,3	6,1	1,9	9,4	3,3	7,3		
23	15,8	15,4	11,3	15,9	15,7	14,9	15,7	9,4	12,1	13,6	11,7	12,8	13,7	6,9	7,7	8,3	6,8	6,9	8,7	3,6	9,3	5,2	1,8	6	4,5	3,5	1	9,1	2,2	7,7		

Anexo II – Quadros Cálculo GD

Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros – Anexo II

Quadro VIII. Valores de $T_{méd}$ obtidos para o cálculo dos Graus-Dias relativos ao mês de Novembro, e valor de Graus-Dias calculado.

	Novembro																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	8,4	2,1	3,3	6,7	2,2	2,2	3,1	2,2	9,1	5,6	4,9	6,4	5,3	5,3	11,9	10,8	11,1	11,8	11,8	10,1	15	9,1	13,2	17,2	12,5	15,1	15,2	17,3	8,9	16,4
1	9,6	2,3	2,5	7	2,1	2,4	3,3	2,2	8,9	7,1	5,2	6,5	5,8	7,9	12,4	11,1	12,4	11,7	10,8	10,8	15,7	9,4	13,3	17,2	12,7	15,9	15,7	18	9,3	16,9
2	9,9	2,5	2,8	7	2,2	2,7	3,6	2,5	9,1	8,1	7,5	6,8	6,4	8,6	12,2	12,2	13,1	10,8	12,2	11,1	17,1	9,3	13,6	18,6	13,5	16,8	15,8	18,1	9,8	17,4
3	10,6	2,6	3	6,7	2	2,6	3,7	2,6	10,2	5,6	8,7	7,1	6,9	7,9	13,4	12,2	14,5	12,7	12,1	11,7	17,5	9,3	14,2	18,2	14,8	17,4	16,4	18,2	11,3	18,2
4	10,8	2,6	3,6	6,3	2,1	2,7	3,7	2,7	10,4	8,1	9,2	8,8	6,7	8,6	13,9	12,2	15,1	12,6	9,7	12,7	16,9	9,4	14,1	18,8	15,8	17,8	17	18,4	13,2	18,1
5	11,2	2,8	4,2	5,8	2,1	3,5	3,7	2,4	11,1	8,1	9,6	9,8	8,2	8,1	12,2	13,1	15,3	10,9	9,6	13,9	16,4	9,6	14,6	19,2	16,4	17,1	16	17,4	14,1	19,2
6	11,1	3,1	4,8	5,2	2,2	3,8	3,8	2,3	12,2	8,3	9,1	11,2	9,5	8,9	12,1	14,5	15,2	12,2	9,8	14,6	16,2	9,6	14,3	19,2	16,6	16,8	17,3	15,9	14,9	19,5
7	11	3,2	3,8	4,6	2,3	3,7	3,8	2,1	12,7	6,7	11,4	11,2	10,8	9,7	14,2	15,6	15,7	11,3	10,6	15,6	16,6	9,3	15,1	19,7	16,6	17,1	14	12,9	14,9	19,8
8	10,6	3,2	3,6	4,3	2,4	3,3	3,7	2,8	12,5	7,8	11,5	10,9	10,4	10,1	14,2	15,3	15,7	11,2	10,3	16,8	16	9,3	14,6	19,4	16,1	16,3	12,6	12,4	15,3	19,3
9	8,9	2,8	2,8	3,4	2,2	2,4	3,2	3,8	10,6	8,1	10,1	8,8	7,8	7,2	12,4	13,2	13,9	10,4	8,2	14,3	14,9	9,2	12,2	17,5	13,5	13,4	10,8	10,8	12,2	18,6
10	6,2	1,9	0,8	1,8	1,1	1,2	1,8	1,7	8,4	4,8	5,7	4,2	3,5	3,8	8,2	12,1	12,1	8,4	6,3	9,3	12,4	9,3	10,2	13,9	9,1	8,1	8,8	8,8	8,7	15,6
11	3,4	0	0	0,9	0	0,6	0,6	0,4	5,6	2,7	2,3	1,3	0	1,3	3,9	10,5	6,4	6,6	4,7	7	10,8	9,1	6,9	8,7	4,6	6	7,6	7,5	5,8	11,6
12	1	0	0	1,8	0	0,2	0	0,7	2,7	0	0,1	0	0	0	2,4	7,7	5,1	3,9	3,3	5,2	9,3	8,6	6,4	5,1	3,2	4,6	6,6	6,4	3,9	7,5
13	0	0	0	1,9	0,1	0	0	0,3	1,6	0	0	0	0	0	1,9	4,2	3,9	4	2,2	3,9	7,3	8,2	5,6	2,9	2,2	3,7	5,6	5,8	3,1	5,3
14	0	0	0	2	0	0	0	0,4	1,2	0	0	0	0	0	2,2	4,4	2,4	3,4	1,7	3,3	6,4	7,9	4,6	1,7	0,9	3	4,8	5,1	1,7	3,3
15	0	0	0	2	0	0	0	0,4	0,4	0	0	0	0	0	2,6	3,7	2,1	2,4	1,4	2,1	5,3	7,3	5,4	1,4	0,5	2,7	3,9	4,9	1,2	3,3
16	0	0	0	1,9	0	0,2	0	0,9	1,7	0	0	0	0	0	2,9	5,5	3,2	3,7	2,3	2,6	5,6	7,3	6,1	1,6	1,1	3,4	3,8	5,2	0,7	3,4
17	0	0	0,7	1,9	0,2	0,9	0,4	2,4	1,9	1,7	0	0	0	0	3,9	5,7	4,3	3,9	3,7	3,7	6,4	7,3	8,1	3,4	3,1	5,2	5,7	7	3,7	5,6
18	0,4	0	3,1	1,8	0,9	1,6	1,2	3,6	4,4	2,2	1,8	0,7	0	2,7	5,4	7,7	6,2	5,9	5,2	8,9	7,6	7,8	11,1	8,9	7,9	9,1	11,1	8,2	7,8	7,2
19	1,1	0	5,4	2	1,3	2	1,7	5,2	5,2	3,4	3,2	2,5	2,8	5,2	5,7	8,4	7,2	6,9	6	9,2	8,1	8,4	11,7	8,9	7,2	9,3	12,6	8,9	9,9	8
20	1,6	0,9	6	2	1,7	2,4	1,8	7,1	6,5	3,3	4,2	3,6	4,2	7,2	6,1	7,7	8,7	7,5	6,8	9,3	8,1	9,2	13,6	9,8	8	12	13,8	8,6	12,6	9,1
21	1,6	1,6	6,1	2	1,8	3	1,8	7,9	6,6	3,4	4,9	4,4	3,6	9,2	7,2	8,7	9,6	8,1	7,3	10,1	8,4	10,9	14,8	10,4	9,9	12,2	15,3	8,7	13,8	9,8
22	1,8	1,7	5,6	2	2,1	2,9	2,1	7,4	5,2	4,3	5,9	4,8	4,6	10,8	7,8	9,1	10,4	9,8	7,9	12,2	8,7	12,1	15,2	10,4	11,7	11,9	16,1	8,6	14,7	10,7
23	2,2	2,6	6,7	2,1	2,3	3,1	2,3	8,6	5,9	4,4	6,3	5,2	4,3	11,1	10,3	9,7	11,2	11,1	9,3	14,4	8,7	12,8	16,2	12	13,5	14,5	17	8,9	15,8	10,3

Graus-Dias de Novembro = 214,5 °C.dia

Quadro IX. Valores horários da temperatura exterior no mês de Dezembro na zona climática de Constância.

Dezembro																															
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	4,8	0,6	0,3	2,1	3,8	3,1	1,2	0,6	0,4	2,9	8,9	10,4	7,0	11,6	6,1	5,6	9,4	8,9	12,3	6,4	1,9	0,3	7,5	13	11,8	7	13,6	11,3	2,7	2,2	8,7
1	4,1	-0,2	-0,4	2,8	3,6	2,5	0,9	-0,2	-0,5	3,1	8,6	10,4	8,0	10,3	5,4	4,8	9,9	8,7	13,3	5,3	1,9	0,1	7,6	13,2	11,2	6,9	13,6	11,1	2,3	1,9	8,4
2	7,5	-0,3	-0,5	2,7	3,0	2,1	0,6	-0,6	-1,1	2,6	8,4	9,5	11,2	10,4	5,4	4,3	9,9	8,7	14,1	3,2	1,4	-0,5	7,2	13,4	10,8	7,3	13,7	10,8	1,3	1,8	8,1
3	4,7	-0,7	-0,1	2,7	2,4	1,6	-0,1	-1,3	-1,3	2,6	8,3	10,2	10,1	10,4	5,4	4,3	9,8	8,4	14,4	3,7	0,8	-1,2	6,9	13,6	10,6	7,6	13,9	10,4	1,6	1,6	8
4	3,9	-1,3	0,0	2,4	1,8	0,6	-0,2	-2,1	-1,4	2,3	7,9	10,4	9,8	9,7	4,5	3,7	9,9	8,4	15,6	3,7	0,2	-1,4	7	13,7	10,7	7,6	14,1	9,8	0,9	1,4	8,2
5	3,2	-1,4	-0,5	2,7	1,6	1,1	-0,6	-2,2	-1,3	2,8	7,8	10,6	9,8	9,3	5,4	5,1	9,7	8,2	14,6	3,2	0,4	-1,9	7,1	13,7	10,9	7	14,2	9,1	1,1	1,7	8,3
6	3,8	-1,8	-0,1	2,2	1,5	1,0	-1,3	-1,6	-1,3	2,3	7,2	10,4	9,6	8,5	4,3	4,7	9,8	8,1	14,8	3,2	-0,6	-2,2	6,9	14,1	11,2	5,9	13,6	8,7	1,7	1,8	8,3
7	1,9	-1,7	-0,2	1,8	1,4	0,5	-1,3	-1,3	-1,3	1,7	7,3	10,7	9,6	6,9	4,7	3,8	8,4	8,2	12,3	1,9	-0,6	-2,1	6,9	14	11,1	5,2	13,4	8,0	1,9	1,7	8,4
8	1,8	-1,4	-0,2	1,5	1,2	-0,1	-1,4	-1,7	-1,3	2,2	7,2	10,7	9,6	5,7	4,7	4,2	8,3	8,1	11,9	1,4	-1,1	-2,1	6,9	13,9	10,2	5,2	13,6	7,2	1,5	2	8,7
9	5,1	0,7	2,3	3,9	2,8	2,2	0,6	-1,3	0,4	5,3	7,9	10,9	9,9	7,4	6,7	4,7	10,6	7,9	12,1	2,7	-0,2	-0,7	6,9	13,8	10,3	5,3	13,7	6,9	1,4	2,7	9,8
10	9,0	5,1	7,6	8,5	6,7	5,7	4,2	0,0	5,1	8,4	9,9	11,7	10,4	9,6	9,9	8,6	10,2	8,1	12,8	5	2,9	2	7,2	13,8	10,2	8,9	14,3	10,1	2,3	5,2	10
11	12,2	8,1	10,8	12,0	11,0	9,9	8,1	3,1	8,7	10,6	11,1	13,1	11,3	12,2	12,9	11,3	10,5	8,3	13,6	8,4	5,5	5,8	7,8	13,9	9,4	10,6	14,4	11,4	3,3	6,7	10,4
12	13,3	10,8	12,9	14,9	14,7	13,6	11,7	8,2	11,2	12,2	11,7	13,3	12,2	15,2	14,7	13,4	10,9	8,5	11,9	11	9,6	9,4	8,3	14,2	9	12,4	14,5	10,9	5	9,2	11
13	14,5	13,4	14,5	16,9	17,2	16,1	14,3	12,0	13,3	13,3	12,7	14,2	13,0	17,2	16	15,2	11,5	9,1	10,7	12,3	12,1	11,3	8,8	14,3	11,1	13,1	15,3	10,9	8,7	10,2	11,7
14	15,0	15,1	16,0	18,1	18,8	16,9	16,8	14,2	14,6	14,6	12,9	13,8	13,2	17,9	16,8	16	11,6	9,9	10,4	13,2	13,3	12,1	9,5	14,6	12,8	13,6	14,7	12,6	12,1	12,2	13,1
15	15,8	16,0	16,2	18,9	19,4	17,2	17,6	15,4	15,3	14,2	13,0	14,2	13,0	17,8	17,3	16	11,3	10,4	10,7	13,2	13,1	12,5	9,9	14,8	11,7	14,1	14,8	12,1	13,3	11,7	14
16	15,4	16,2	16,1	18,4	19,2	17,5	17,4	15,7	15,4	14,3	12,8	13,6	12,9	17,2	17,2	15,4	11,4	10,8	10,9	12,4	12,1	12,4	10,2	14,9	11,1	13,6	15,4	12,8	13,5	12,1	13,4
17	13,2	13,2	14,2	15,8	16,8	14,6	14,1	12,7	13,4	13,1	12,7	12,9	12,9	15,2	15,4	13,4	11	10,7	9,1	10,3	9,1	11,4	10,6	14,2	9,3	13,3	13,9	12,3	12,4	11,3	12,8
18	10,0	7,6	8,6	10,7	10,6	8,4	8,2	6,8	8,1	12,3	12,5	12,2	12,6	11,3	11,4	10,6	10,6	10,7	8,8	9,1	5,8	9,7	11,1	14	9	13,1	13,9	9,5	8,7	10,6	10,9
19	7,6	6,4	8,1	8,9	9,0	6,6	6,1	5,1	6,5	11,1	12,5	12,1	12,5	9,1	10,2	9,2	9,6	10,9	8,8	7,3	4,4	8,3	11,7	14,1	7,9	12,6	14,2	7,6	6,6	10,2	10,7
20	6,9	4,3	5,8	7,8	7,4	5,3	4,7	3,7	5,1	10,3	12,2	11,7	12,0	8,2	8,6	9,6	9,3	11,1	8,1	6,9	3,1	8,6	12,7	13,8	8,2	12,7	14,2	6,6	5,1	10,1	10,9
21	5,1	3,1	4,7	6,3	5,8	3,9	3,2	2,3	4,6	9,9	11,9	11,6	12,1	7,2	7,6	9,8	8,4	11,3	7,9	4,4	2,4	8,7	12,6	14,4	7,9	12,7	13,9	6,6	4,1	10,2	10,9
22	2,7	1,9	3,8	5,5	4,9	3,1	2,4	1,9	3,6	9,4	10,8	11,5	12,2	6,6	6,8	10	8,7	11,7	7,3	2,7	1,4	8,3	12,8	12,2	6,6	13,3	13,9	3,6	3,6	10,1	11,1
23	2,2	1,1	2,7	4,8	4,0	2,3	1,3	1,2	3,2	8,8	10,0	11,6	12,3	5,9	5,8	9,4	8,7	12,2	6,9	2,6	0,8	7,7	13	11,8	7,1	13,6	13,2	2,2	2,9	9,5	11

Anexo II – Quadros Cálculo GD

Eficiência Energética de Edifícios Hoteleiros – Anexo II

Quadro X. Valores de $T_{méd}$ obtidos para o cálculo dos Graus-Dias relativos ao mês de Dezembro, e Respetivo valor de Graus-Dias calculado.

	Dezembro																														
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	13,2	17,4	17,7	15,9	14,2	14,9	16,8	17,4	17,6	15,1	9,1	7,6	11	6,4	11,9	12,4	8,6	9,1	5,7	11,6	16,1	17,7	10,5	5	6,2	11	4,4	6,7	15,3	15,8	9,3
1	13,9	18,2	18,4	15,2	14,4	15,5	17,1	18,2	18,5	14,9	9,4	7,6	10	7,7	12,6	13,2	8,1	9,3	4,7	12,7	16,1	17,9	10,4	4,8	6,8	11,1	4,4	6,9	15,7	16,1	9,6
2	10,5	18,3	18,5	15,3	15	15,9	17,4	18,6	19,1	15,4	9,6	8,5	6,8	7,6	12,6	13,7	8,1	9,3	3,9	14,8	16,6	18,5	10,8	4,6	7,2	10,7	4,3	7,2	16,7	16,2	9,9
3	13,3	18,7	18,1	15,3	15,6	16,4	18,1	19,3	19,3	15,4	9,7	7,8	7,9	7,6	12,6	13,7	8,2	9,6	3,6	14,3	17,2	19,2	11,1	4,4	7,4	10,4	4,1	7,6	16,4	16,4	10
4	14,1	19,3	18	15,6	16,2	17,4	18,2	20,1	19,4	15,7	10,1	7,6	8,2	8,3	13,5	14,3	8,1	9,6	2,4	14,3	17,8	19,4	11	4,3	7,3	10,4	3,9	8,2	17,1	16,6	9,8
5	14,8	19,4	18,5	15,3	16,4	16,9	18,6	20,2	19,3	15,2	10,2	7,4	8,2	8,7	12,6	12,9	8,3	9,8	3,4	14,8	17,6	19,9	10,9	4,3	7,1	11	3,8	8,9	16,9	16,3	9,7
6	14,2	19,8	18,1	15,8	16,5	17	19,3	19,6	19,3	15,7	10,8	7,6	8,4	9,5	13,7	13,3	8,2	9,9	3,2	14,8	18,6	20,2	11,1	3,9	6,8	12,1	4,4	9,3	16,3	16,2	9,7
7	16,1	19,7	18,2	16,2	16,6	17,5	19,3	19,3	19,3	16,3	10,7	7,3	8,4	11,1	13,3	14,2	9,6	9,8	5,7	16,1	18,6	20,1	11,1	4	6,9	12,8	4,6	10	16,1	16,3	9,6
8	16,2	19,4	18,2	16,5	16,8	18,1	19,4	19,7	19,3	15,8	10,8	7,3	8,4	12,3	13,3	13,8	9,7	9,9	6,1	16,6	19,1	20,1	11,1	4,1	7,8	12,8	4,4	10,8	16,5	16	9,3
9	12,9	17,3	15,7	14,1	15,2	15,8	17,4	19,3	17,6	12,7	10,1	7,1	8,1	10,6	11,3	13,3	7,4	10,1	5,9	15,3	18,2	18,7	11,1	4,2	7,7	12,7	4,3	11,1	16,6	15,3	8,2
10	9	12,9	10,4	9,5	11,3	12,3	13,8	18	12,9	9,6	8,1	6,3	7,6	8,4	8,1	9,4	7,8	9,9	5,2	13	15,1	16	10,8	4,2	7,8	9,1	3,7	7,9	15,7	12,8	8
11	5,8	9,9	7,2	6	7	8,1	9,9	14,9	9,3	7,4	6,9	4,9	6,7	5,8	5,1	6,7	7,5	9,7	4,4	9,6	12,5	12,2	10,2	4,1	8,6	7,4	3,6	6,6	14,7	11,3	7,6
12	4,7	7,2	5,1	3,1	3,3	4,4	6,3	9,8	6,8	5,8	6,3	4,7	5,8	2,8	3,3	4,6	7,1	9,5	6,1	7	8,4	8,6	9,7	3,8	9	5,6	3,5	7,1	13	8,8	7
13	3,5	4,6	3,5	1,1	0,8	1,9	3,7	6	4,7	4,7	5,3	3,8	5	0,8	2	2,8	6,5	8,9	7,3	5,7	5,9	6,7	9,2	3,7	6,9	4,9	2,7	7,1	9,3	7,8	6,3
14	3	2,9	2	0	0	1,1	1,2	3,8	3,4	3,4	5,1	4,2	4,8	0,1	1,2	2	6,4	8,1	7,6	4,8	4,7	5,9	8,5	3,4	5,2	4,4	3,3	5,4	5,9	5,8	4,9
15	2,2	2	1,8	0	0	0,8	0,4	2,6	2,7	3,8	5	3,8	5	0,2	0,7	2	6,7	7,6	7,3	4,8	4,9	5,5	8,1	3,2	6,3	3,9	3,2	5,9	4,7	6,3	4
16	2,6	1,8	1,9	0	0	0,5	0,6	2,3	2,6	3,7	5,2	4,4	5,1	0,8	0,8	2,6	6,6	7,2	7,1	5,6	5,9	5,6	7,8	3,1	6,9	4,4	2,6	5,2	4,5	5,9	4,6
17	4,8	4,8	3,8	2,2	1,2	3,4	3,9	5,3	4,6	4,9	5,3	5,1	5,1	2,8	2,6	4,6	7	7,3	8,9	7,7	8,9	6,6	7,4	3,8	8,7	4,7	4,1	5,7	5,6	6,7	5,2
18	8	10,4	9,4	7,3	7,4	9,6	9,8	11,2	9,9	5,7	5,5	5,8	5,4	6,7	6,6	7,4	7,4	7,3	9,2	8,9	12,2	8,3	6,9	4	9	4,9	4,1	8,5	9,3	7,4	7,1
19	10,4	11,6	9,9	9,1	9	11,4	11,9	12,9	11,5	6,9	5,5	5,9	5,5	8,9	7,8	8,8	8,4	7,1	9,2	10,7	13,6	9,7	6,3	3,9	10,1	5,4	3,8	10,4	11,4	7,8	7,3
20	11,1	13,7	12,2	10,2	10,6	12,7	13,3	14,3	12,9	7,7	5,8	6,3	6	9,8	9,4	8,4	8,7	6,9	9,9	11,1	14,9	9,4	5,3	4,2	9,8	5,3	3,8	11,4	12,9	7,9	7,1
21	12,9	14,9	13,3	11,7	12,2	14,1	14,8	15,7	13,4	8,1	6,1	6,4	5,9	10,8	10,4	8,2	9,6	6,7	10,1	13,6	15,6	9,3	5,4	3,6	10,1	5,3	4,1	11,4	13,9	7,8	7,1
22	15,3	16,1	14,2	12,5	13,1	14,9	15,6	16,1	14,4	8,6	7,2	6,5	5,8	11,4	11,2	8	9,3	6,3	10,7	15,3	16,6	9,7	5,2	5,8	11,4	4,7	4,1	14,4	14,4	7,9	6,9
23	15,8	16,9	15,3	13,2	14	15,7	16,7	16,8	14,8	9,2	8	6,4	5,7	12,1	12,2	8,6	9,3	5,8	11,1	15,4	17,2	10,3	5	6,2	10,9	4,4	4,8	15,8	15,1	8,5	7

Graus-Dias de Dezembro = 298,90°C.dia